

JOURNAL OF THE RESEARCH INSTITUTE OF TECHNOLOGY,
NIHON UNIVERSITY.

No. 3, Oct. 1951

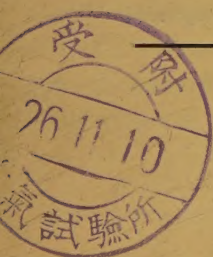
日 本 大 學
工 學 研 究 所 彙 報

第 3 號

目 次

| | 頁 |
|---------------------------------------|------------------|
| 極超短波ブラウン管に関する研究 | 植 之 原 道 行 1 |
| 自乗特性真空管電壓計 | 岡部隆博・江藤長俊・大石泰司 6 |
| 磁電管の内部アドミタンス | 桑原 爲一・加藤 正視 10 |
| 時計歩度の電氣的測定装置 | 川 西 健 次 17 |
| ペントースの定量法について | 工藤 憲資・玉置 彌榮 24 |
| 硫酸紙中に含まれる鉛の分光分析に就いて | 池村 紂・尾高 陽一 27 |
| 耐酸耐熱耐油性瀝性質材料の研究 | 市川良正・成瀬喬一郎 32 |
| 金屬鹽水溶液の流電作用による金屬表面の變遷に 關する研究 (第1報) | 安 房 信 輝 33 |
| 閉合折測に於ける角測誤差の實驗的配賦方法に就て | 遠 山 繁 41 |
| 釣合試験の一方法 | 景 山 克 三 47 |

昭和 26 年 10 月



U. of ILL. LIBRARY

AUG 7 1972

CHICAGO CIRCLE

**JOURNAL OF THE RESEARCH INSTITUTE OF TECHNOLOGY,
NIHON UNIVERSITY.**

No. 3

OCTOBER, 1951

CONTENTS

| | | |
|---|--|-----------------------|
| Study on the U. H. F. Braun Tube..... | By Michiyuki UENOHARA | 1 |
| The Vacuum-Tube-Voltmeter of the Square-Law Characteristic | By Takahiro OKABE | |
| | Choshun ETO | |
| | Yasushi OISHI | 6 |
| Internal Admittance of Split-Anode Magnetron | By Tameichi KUWABARA | |
| | Masami KATÔ | 10 |
| Time Rate Calibration of Watches | By Kenji KAWANISHI | 17 |
| Analysis of Pentose | By Kensuke KUDO | |
| | Yasaka TAMAKI | 24 |
| On the Spectroscopic Analysis of Lead Contained in the Parchment | Papers | By Tadashi IKEMURA |
| | Yoichi ODAKA | 27 |
| Research on an Acid-Proof, High-Temperathre-Proof and Oil-Proof | Bituminous Material | By Yoshimasa ICHIKAWA |
| | Kyoichiro NARUSE | 32 |
| A Study of the Changes on Metal Surface Caused by Electrolysis in | Metallic Salt Solutions (Report 1) | By Nobuteru AWA |
| | | 33 |
| On the Experimental Adjustment of Angular Errors for Closed | Traversing..... | By Sigeru TOYAMA |
| | | 41 |
| A Method of Static Balancing a Rotating Body | By Katsumi KAGEYAMA | 47 |

These publications are issued at irregular intervals. The Authors alone are responsible for the contents of these reports.

極超短波ブラウン管に関する研究¹⁾

(1951年5月10日受理)

植 之 原 道 行²⁾

Study on the U.H.F. Braun Tube

By Michiyuki UENOHARA

The more difficult problems that must be considered during design of a Braun tube for measurement of ultra high frequency are as follows (same phenomena as that for all electron tubes):

- a) The transit angle of the electron that is passing through between the deflection plates can not be neglected.
- b) The deflection plates form a part of the circuit.

The geometrical open end does not always coincide with the electrical open end at the high frequency.

A sudden change of the dimension of the electrode at the junction induces discontinuity of the impedance.

These effects deteriorate the frequency characteristics and also have bad influence on the transmission circuit.

In order to improve these faults, the author made a Braun tube with a semi circular deflection plate, as shown in Fig. 1. for the preliminary experiment and tested it.

The experimental results show that the dynamic sensitivity of this Braun tube is nearly equal to that of a very small parallel plane electrode made to decrease the transit angle. Moreover, this Braun tube is unique in that it is easier to make, to fix, and to match with the transmission circuit in comparison with that with parallel plane electrode. The photographs of the modulated waves to 1500 mc were taken by the Braun tube. Figs. 10, 11, 12 show the results. The quasistatic electric field intensity E at an arbitrary point around the deflection plate which is supplying the high frequency field is expressed by (3). The dynamic sensitivity of the Braun tube, in the case of the electric field distribution of (3), is calculated as (5). When the distance between deflection plates, b , is larger than the thickness, c , the result of the expression (5) approximately equals the experimental result.

This Braun tube has many faults yet. With further improvement, a desirable U. H. F. Wave Form Measurement Instrument should be developed.

緒 言

極超短波ブラウン管として最も問題となることは、總ての極超短波電子管と同じように

- (1) 電極下を通過する電子の飛翔角を無視出来ないこと
- (2) 電極が回路の一部分を形成する爲完全な開放端が得られず、且又電極と回路との結合點に於て impedance が不連続になること

である。これ等の影響によりブラウン管の周波数特性は悪化し、發振器或は回路の測定に及ぼす影響が大になる。

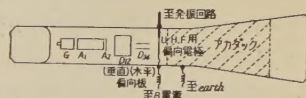
以上の缺點を改善する爲に色々の研究がなされて來た。③一般に電子の飛翔角を小さくする爲に電極の寸法を小さくしなければならないが、それには電極保持及び製造並びに回路の整合に難點があつた。

本研究に於ては、この難點を改善する爲に豫備實驗と

して圓形平板電極を用いて實驗を行い、波長 20 cm 迄の變調波の撮影を行うことが出來た。

又本ブラウン管の周波数特性及び感度を理論的に計算したものと、實驗結果との比較を行い、且又改良ブラウン管の設計の指針を與えた。

ブラウン管の構造



第1圖 U. H. F. ブラウン管の構造

試作したブラウン管の構造は第1圖に示す如くである。

極超短波用偏向電極は第3圖に示す如く、外徑 20 mm 内徑 10 mm 厚さ 0.5 mm のニッケル板製圓形電極で、この電極とレッヘル線との結合端に於ける電極間隔は

1) 本研究は文部省科學研究費の補助で行つた。

2) 工學部岡部研究室

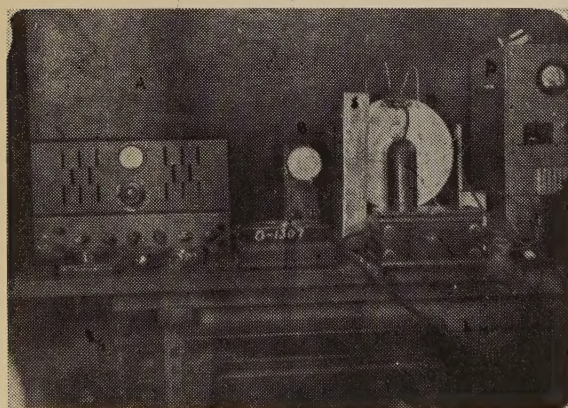
4 mm である。



第2圖 偏向用電極

レッヘル線は 18 mm ϕ の M_0 線を使用し、偏向電極とレッヘル線との結合點に於ける急激な形状の變化を避ける爲に電極の大きさを逐次レッヘル線の大きさに變化させてある。この電極の中央から出ている tap は、測定電波の發振回路に靜電壓を與えると共に、電子の加速電壓と同電位にする爲のものである。

實驗裝置

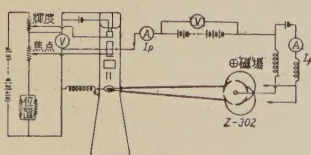


第3圖 實驗裝置

第3圖の寫眞は實驗裝置を示す。寫眞中 A はブラウン管用電源で、正面のスライダックによつて電子の加速電壓を 0 ボルトから 2000 ボルト迄連續的に變化出来る。

B が試作したブラウン管、M がマグネトロン發振器 P がマグネトロン用電源である。S はマグネトロン用電磁石から靜磁場の影響を避ける爲の磁氣遮蔽である。

第4圖は實驗裝置の配線圖である



第4圖 實驗裝置

發振器としては周波數 1000 MC 以下は magnetron Z302 を、1500 MC には magnetron MS 31 を用いた。

發振器と偏向板との結合は配線圖から解る様に、發振管と偏向板とをレッヘル線で結合し、偏向板も發振回路の一部分をなしている。

理論計算

一般に平行板電極ブラウン管の dynamic sensitivity Aw は⁴⁾

$$Aw = \frac{e}{m} \frac{E}{v_0} \frac{6}{w\varphi_3^3} \left\{ (\varphi_1^2 - 2) \cos \frac{\varphi_2 - \varphi_1}{2} + 2\varphi_1 \sin \frac{\varphi_2 - \varphi_1}{2} + 2 \cos \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2} \right\} \cos \left(\frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2} + w t_0 \right) \dots (1)$$

で表わされる。

但し E : 偏向板間の電界強度

v_0 : 電子の速度

φ_1 : entrance stray field 中を通過するに要

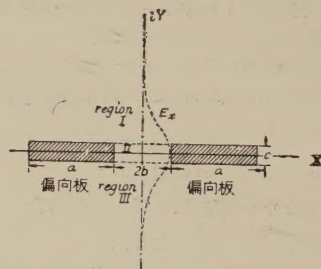
する電子の飛翔角 $\varphi_1 = w \frac{l_1}{v_0}$

l_1 : entrance stray field の長さ

φ_2 : homogeneous center field の飛翔角

φ_3 : exist stray field の飛翔角

試作したブラウン管の偏向板を任意の點で電子の飛翔方向に切斷してみると第5圖のようになる。



第5圖 偏向板切斷面

故に本偏向板間のfieldの分布を計算することにより、平行板電極の場合と同様に dynamic sensitivity を算出することが出来る。

この電極は有限な dimension を有する爲に三次元的に field を求めなければならないが、同一寸法の平行電極が無限に延びている場合につき求めて近似を行う。圓形電極の中心を通る部分について考へると、 c は a, b に比べて小さいので、取敢えず電極を長さ a で非常に薄い無限に延びた二枚の電極が $2b$ なる間隔をへだてていると考へ Schwarz-Christoffel の變換を行うと、potential function V , Stream function U と座標との關係は次式の様になる。

$$\left. \begin{aligned} x &= b \frac{Sn' u \cdot \overline{dn} v \cdot \overline{Sn^2 v}}{Cn^2 v + k^2 \cdot \overline{Sn^2 u}} \\ y &= b \frac{Cnu \cdot dnu \cdot \overline{Sn} v \cdot \overline{Cn} v}{Cn^2 v + k^2 \cdot \overline{Sn^2 u} \cdot \overline{Sn^2 v}} \end{aligned} \right\} \dots (2)$$

上式に於て

Sn, Cn, dn , は夫々 Sn 函数, Cn 函数, dn 函数を.

$\overline{Sn}, \overline{Cn}, \overline{dn}$, は夫々 $Sn(k')$, $Cn(k')$, $dn(k')$ を表わす.

$$u = \frac{K}{U_0} U \quad v = \frac{K}{U_0} V$$

K は第一種完全楕圓積分 U_0 は電極の電位を示す.

$$k' = 1 - k^2 \quad \frac{1}{k} = 1 + \frac{a}{b}$$

(2) 式から任意の點に於ける電界強度の x component を求めると,

$$\begin{aligned} E_x = \frac{dU}{dx} &= \frac{U_0}{kb} (Cn^2 v + k^2 \cdot \overline{Sn^2 v} \cdot \overline{Sn^2 u})^2 \\ &\times \left\{ dnv \cdot Cnu \cdot dnu (\overline{Cn^2 v} + k^2 \cdot \overline{Sn^2 v} \cdot \overline{Sn^2 u}) \right. \\ &\quad \left. - 2k^2 \cdot \overline{Sn^2 v} \cdot \overline{Sn u} \cdot Cnu \cdot dnu \right\}^{-1} \dots (3) \end{aligned}$$

となる.

特別な場合として y 軸上の E_x は

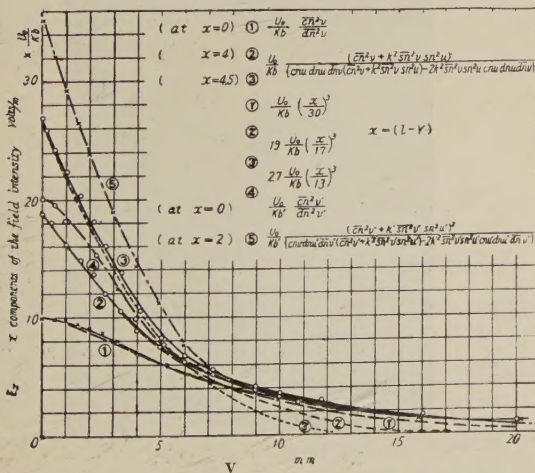
$$\left(\frac{dU}{dx} \right)_{x=0, u=0} = \frac{u_0}{kb} \cdot \frac{Cn^2 v}{dn v} \dots (4)$$

となる.

今一例として $b=5 \text{ mm}$, $x=0 \text{ mm}$, $x=4.5 \text{ mm}$,

$b=2.5 \text{ mm}$, $x=1 \text{ mm}$, $x=2 \text{ mm}$.

に於ける field intensity の分布を計算すると第6圖の様になり, 中心部及び甚だしく中心より離れた部分を除い



第6圖 field intensity の計算値

ては

$$E_x = F \left\{ \left(\frac{x}{l} \right)^3 \right\} \dots (5)$$

なる曲線で近似的にあらわすことが出来ることかわかる. (5) 式中 l は x の函数である.

次に entrance stray field の存在する部分を region I, center field を region II, exist field を region III とすると, 各 region に於ける field intensity は

$$\begin{aligned} \text{region I} &: \frac{U_0}{kb} \left(\frac{x}{l_1} \right)^3 \\ \text{region II} &: \frac{U_0}{kb} \\ \text{region III} &: \frac{U_0}{kb} \left\{ x - (l_1 + l_2 + l_3) \right\}^3 \end{aligned}$$

となり, dynamic sensitivity Aw は

$$\begin{aligned} Aw = \frac{e}{m} \frac{U_0}{v_0} \frac{1}{kb} \frac{6}{w \varphi_1^3} \left\{ (\varphi_1^2 - 2) \cos \frac{\varphi_2 - \varphi_1}{2} \right. \\ \left. + 2\varphi_1 \sin \frac{\varphi_2 - \varphi_1}{2} + 2 \cos \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2} \right\} \\ \cos \left(\frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2} + w t_0 \right) \dots (5) \end{aligned}$$

となる.

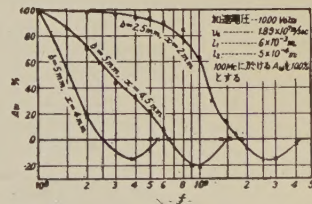
今この dynamic sensitivity Aw を理想的平行平板電極の dynamic sensitivity $A'w$ におきかえると,

$$Aw = A'w = \frac{e}{m} \frac{U_0}{v_0} \frac{2}{kb} \frac{1}{w} \sin \frac{\phi}{2} \dots (6)$$

となる. 但し $\phi = w \frac{l_{eff}}{v_0}$ である.

計算結果及び実験結果

電子ビームを $x=4.5 \text{ mm}$, $b=5 \text{ mm}$ の點を通過せしめた時の dynamic sensitivity を計算すると第7圖の様になる. 計算結果からわかる様に電極間距離の大なる所では stray field が相當大なる爲に餘り dynamic sensitivity は宜しくない.

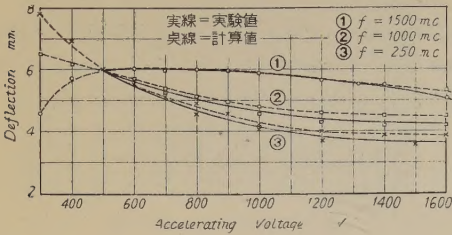


第7圖 dynamic sensitivity

次に $b=2.5 \text{ mm}$, $x=2 \text{ mm}$ の點を通過せしめた時の dynamic sensitivity は第7圖の如くである.

dynamic sensitivity を實驗的に求める場合, 周波数を變えて測定することが好ましいが, 連続的に周波数を

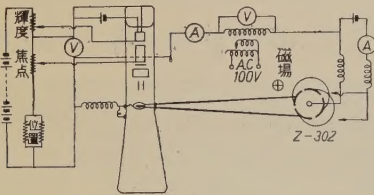
變えることが困難であり又同一出力に保つことが困難な爲に、周波数を一定に保つてビームの速度を変化することによって測定を行つた。その場合の測定結果は第8圖の通りである。



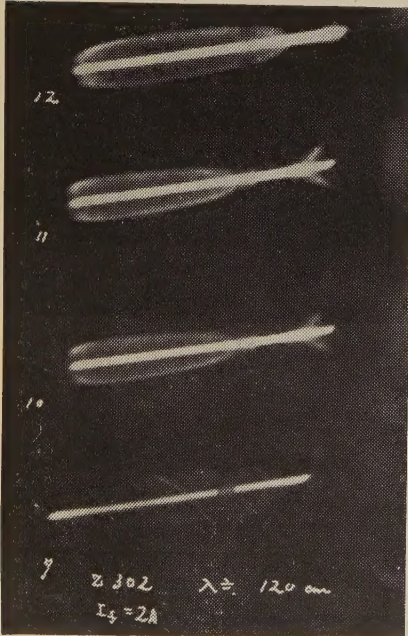
第8圖 加速電圧をかえた時のビームの振れの變化

測定を行つた周波数は 250MC, 1000MC, 1500MCで、加速電圧は 500V から1600Vまで變化した。

第8圖は加速電圧 500Vに於ける偏位を 6mm に一致せ



第9圖 變調波測定實驗裝置



第10圖 $f = 250\text{MC}$

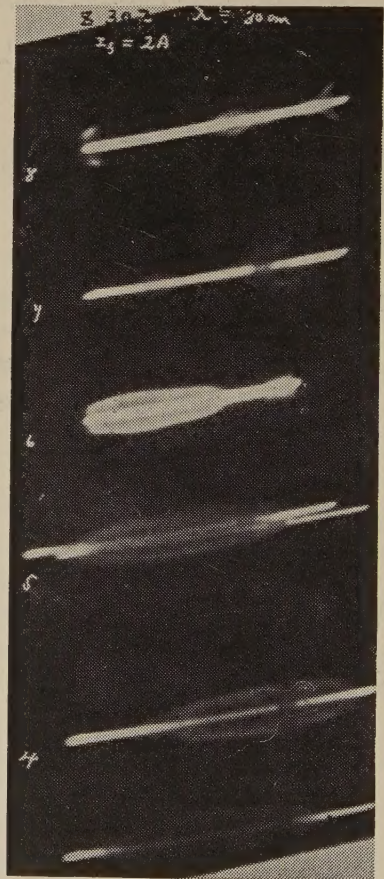
しめた時の圖である。この場合電子ビーム通過點は大體電極間隔 5mm なる點であるから、この點の有効電界長を(6)式を用いて field intensity が $\frac{U_0}{kb}$ なる平等電界分布長に變換すると約 7mm となるから、これによつて加速電圧を變化した時の dynamic sensitivity を計算すると第8圖の點線の様になり大體傾向が一致する。

變調波の測定

本ブラウン管を用いて周波數 250MC, 1000MC, 1500MC の 50 cycle 變調波の撮影を行つた。

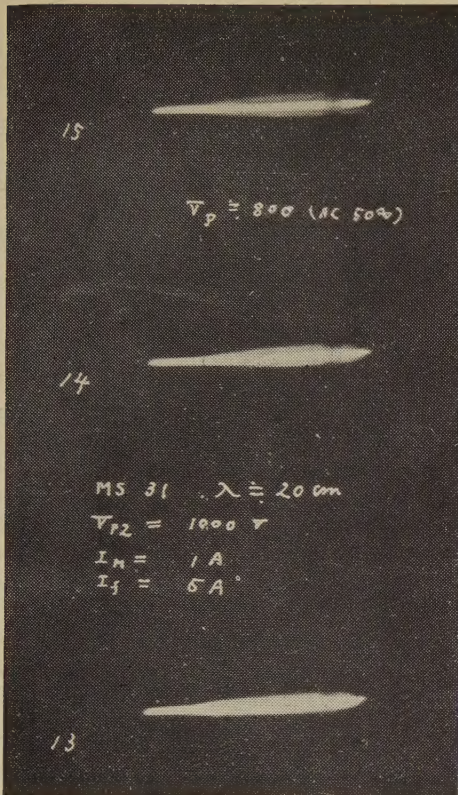
その時の實驗裝置は第9圖で、その撮影結果は第10, 第11, 第12圖である。

第9圖から解る様に、變調は直接 50cycle の電圧を plate にかけて行つた。その爲 magnetron の plate 電圧は 0 ボルトから 1000 ボルト以上迄變化するから magnetron の發振し得る領域が限定されることになる。



第11圖 $f = 1000\text{MC}$

變調波を撮影した寫眞

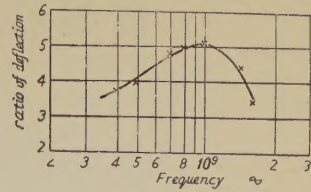


第12圖 $f = 1500 \text{ MC}$,
變調波を撮影した寫眞

第11圖は其の經過を明瞭に表している。即ち寫眞は下から逐次變調電壓を上昇して行つた場合の變調波を撮影したものである。電壓が低い間は兩方の裾では發振してゐなかつたが、電壓を次第に上昇させるに従つて中央部の振幅が一定に達し遂には中央部で發振し得なくなつてゐる。又發振の立上りと停止とは對稱になつてゐない。

本ブラウン管の缺點

以上の實驗及び計算結果よりみると電極間々隔を小にすれば更に dynamic sensitivity は上昇するであろうと豫想される。然しながら電極を一つの loop の形態のまま tube の中に挿入した爲に、有効に偏向板として働く部分と電壓最小の部分とが近接しているので、可成り電力感度が低下するものと考えられる。又同時に周波數特性が悪くなることが想像される。實際の電極より10倍に擴大された電極に10倍の波長の電波を傳送せしめて測定した電壓分布と、理論的 dynamic sensitivity を合成した総合的の sensitivity は第13圖の如くである。



第13圖 周波數に對する偏向感度

結 言

本實驗は周波數が上昇するに従い、偏向板電極の dimension を縮小するともなる缺點を補うことを目的として行つたのであるが、電子の進行方向に延びた平板電極を用いてレッヘル線回路の一部とすることによつてかなり満足し得る結果を得た。本裝置の缺點は短絡端の位置を可變にすることにより補うことが出来る。

終りに臨み常に御指導御鞭撻を賜はつた工學部長 横地先生、並びに豫備實驗を行はれた田中愼一氏、製作に當り種々御指導御援助を賜つた日本無線株式會社の安岡、柴田、西原、小野の諸氏に衷心から感謝する。

文献(A)

- (1). Die Brauche Röhre bei sehr hohen Frequenzen Von. H. F. Hollman (Hochfrequenztechnik und Elektroakustik) B. 40. P97. 1932
- (2). Die Quersteuerung eines Kathodenstrahls unter Berücksichtigung der Streuen Feld. von H. F. Hollman und A. Thoma (Elektrische Nachrichten Technik B 15. p 145 1938)
- (3). U. H. F. Oscillography: H. F. Hollman. I. R. E. Vol 28. 1940.
- (4). 大脇氏 電通誌 昭和18年 28卷 No. 7.
- (5). 大脇氏 電通誌 昭和18年 No. 3.
- (6). Reflection sensitivity of parallel wire line in cathod-ray oscillograph J.A.P. Vol.16. May 1945
- (7). A three-beam oscillograph at frequencies up to 10,000 megacycles. G.M.Lee. I.R.E. Vol. 34. March 1936.
- (8). 大脇氏 超短波測定委員會發表講演會豫稿 1948.
- (9). The dynamic sensitivity and calibration of cathod ray oscilloscopes at very-high frequencies H.F. Hollman. I.R.E. Vol. 38. J. 1950
- (10). The traveling-wave cathod-ray tube K. OWAKI I.R.E. Vol. 38. oct. 1950
- (B) Die Quersteuerung eines Kathodenstrahls unter Berücksichtigung der Streuen Feld V.H.F. Hollman und A. Thoma. E.N.T. B 15. P 145 1938

自乗特性真空管電圧計²⁾

(1951年5月10日受理)

岡部隆博¹⁾ 江藤長俊²⁾ 大石泰司³⁾

The Vacuum-tube-voltmeter of the Square-law Characteristic.

By Takahiro OKABE

Choshun ETO

Yasushi OISHI

It is apparent that the vacuum-tube-voltmeter of the square-law characteristic, the driving power of which is almost zero, is very useful in the measurement of very weak signals, especially of the noise figure.

A vacuum-tube-voltmeter of this characteristic was made for the measurement of potential lower than 0.9 V.

In the first parts of this paper, the load impedance of the vacuum-tube-voltmeter which has the above characteristic was analysed theoretically, and then, the actual circuit shown in Fig. 13 was determined according to the analysis. The constants of the circuit were shown in the last part of Section 3.

The measured results of the d.c. voltage with this vacuum-tube-voltmeter and the ideal parabola were indicated in Fig. 14 by the solid curve and dotted curve PQS respectively.

A similar test was carried out on a.c. voltage, and the obtained results were shown in Fig. 15.

The meanings of the curves are the same as that in Fig. 14. Hence, the measured value agreed perfectly with the theoretical value in the region of potential less than 0.9 volts. It is supposed possible to design a vacuum-tube voltmeter of the square-law characteristic along this idea in other regions of voltage.

1. 緒 言

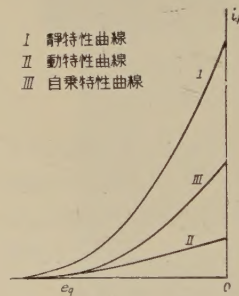
Noise Figure の測定に關しては勿論、微弱信號の測定等に於いて電力を消費しない自乗特性を持つ真空管電圧計は極めて利用價值が多い。

そこで 0.9V 以下の電壓測定に用う自乗特性真空管電圧計を試作した。

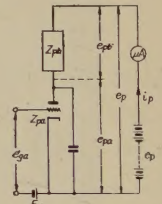
始めに、かかる電圧計を實現するには真空管電圧計の負荷インピーダンスを如何にしたらよろしいかを解析し、次にこの解析を基にして實際の回路を定め、實驗を行つた。結果はよく理論値と一致し完全な自乗特性を得た。

2. 本電圧計の解析

第1圖は、ある一定陽極電壓 e_p に對する三極管の $e_g - i_p$ 曲線と R なる一定負荷抵抗を持つた場合の動作曲線である。III は求むべき $e_g - i_p$ 曲線である。實際の特性曲線が III の如く拋物線になる様にするためには、真空管の負荷に非直線性インピーダンスを挿入して、その値が i_p に對してある關係を満足する様を選ぶべし。



第 1 圖



第 2 圖

第2圖について解析すれば

Z_{pb} : 負荷インピーダンス

Z_{pa} : 真空管インピーダンス

e_{pa} : 真空管陽極陰極間電壓

e_{pb} : 負荷インピーダンス兩端の電壓

e_p : 電源電壓

i_p : 陽極電流

e_{ga} : 入力電壓

E_c : カットオフ偏倚電壓

カットオフに固定偏倚電壓を置き、入力に到來して始めて電流が流れる様にして自乗特性を持たせるには、

次式の如く i_p と e_{ga} 関係を保てばよい。

$$i_p = K(e_{ga})^2 \dots\dots\dots(1)$$

但し K は常數

Z_{pb} が i_p の函数 $f_1(i_p)$ で表はせると假定すると

$$e_{pa} = e_p - e_{pb} = e_p - i_p f_1(i_p) \dots\dots\dots(2)$$

(1) 式より (2) 式は

$$e_{pa} = f_2(e_{ga}) \dots\dots\dots(3)$$

もし逆に (3) 式が知れば、(3) (1) より e_{ga} を消去することにより、 e_{pa} は i_p の函数として求められる。

$$Z_{pb} = f_1(i_p) = e_p - e_{pa}/i_p \dots\dots\dots(4)$$

Z_{pb} が i_p の函数として知り得たのである。

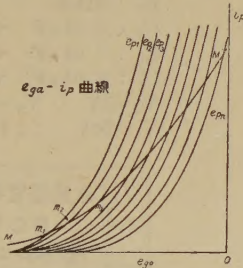
次に圖式的に i_p に対する Z_{pb} の變化を求めて見る。

先づ e_{pa} をパラメーターとする真空管の $e_{ga}-i_p$ 曲線を描き、そのパラメーター e_{pa} の値を $e_{p1}, e_{p2}, \dots, e_{pn}$ とする。第3圖はこの曲線群を示す。

この圖中に

$$i_p = K(e_{ga} + C)^2$$

の曲線を描きこれを MM' とする、 e_{pa} 曲線群と MM' -curve の交點 m_1, m_2, \dots, m_n とすれば、その交點はある i_p 又は e_{ga} に対する e_{pa} の値を表すことになる。即ち $e_{pa} = f_3(e_{ga})$ の函数形が求まつたわけである。



第3圖

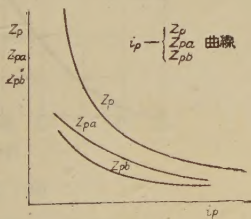
その各々の値より i_p を縦軸に、 e_{pn} を横軸にとつた座標に或る曲線を得る。この曲線の傾度の逆数が Z_{pa} を示す事になる (第4圖)。次にこの圖表より i_p-Z_{pa} 曲線が求まる。

$$Z_p i_p = e_p$$

但し $Z_p = Z_{pa} + Z_{pb}$,

又 $e_p = \text{一定}$ 。

i_p に対する Z_p の變化を求めれば、 i_p-Z_p 曲線は双曲線となる。又 $Z_{pb} = Z_p - Z_{pa}$ なる關係により $Z_{pb} = f_1(i_p)$ なる形が求まる。



第4圖

次に非直線インピーダンスの解析を行う。

電流の變化により、その値が減少する非直線性インピーダンスとしてセレン整流器等の半導體及び真空管等が挙げられるのは明瞭であらう。此處では真空管を用いた非直線性インピーダンスの解析を進めて行く。

$Z_{pb} = f_1(i_p)$ が前の結果より求つたとして計算する。

回路は第5圖に示される如くである。

真空管 V_B のグリッドバイアスを e_{ga} とすると

$$e_{pb} = Z_k i_p \text{ 即ち } e_{pb} = g_1(i_p)$$

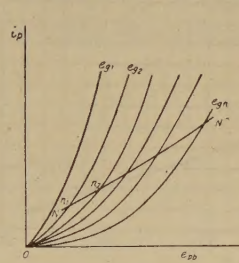
故に $Z_{pb} = g_2(e_{gb}) \dots\dots\dots(6)$

前式より真空管のインピーダンスが與へられた Z_{pb} なる特性になるべきカソードインピーダンスを決定することが出来る。

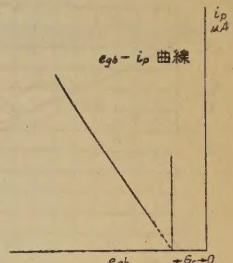
次に圖式的に Z_k の値を決定する。

$e_{pb} = i_p Z_{pb} = f_1(i_p)$ より i_p と e_{pb} の關係が求められる。

$i_p - e_{pa}$ 曲線と $e_{pb} = e_p - e_{pa}$ の關係より $i_p - e_{pb}$ 曲線を求める事も出来る (第6圖)。



第6圖 $i_p - e_{pa}$ 曲線と $e_{p1} = e_p - e_{pa}$ なる關係より $i_p - e_{pb}$ 曲線を求める圖



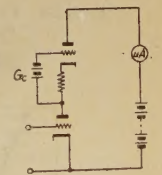
第7圖

この曲線を NN' とし、次に此の圖上に e_{gb} をパラメーターとして $i_p - e_{pb}$ 曲線を描き、パラメーター e_{gb} の値を $e_{g1}, e_{g2}, \dots, e_{gn}$ とする。 $i_p - e_{pb}$ の交點を n_1, n_2, \dots, n_n とすれば、その交點はある i_p 又は e_{pb} に対する e_{gb} の値を表わす。

而して、その各々の値より i_p を縦軸に e_{gb} を横軸にとつた座標にある一本の曲線が得られる (第7圖)。

この曲線の傾度の逆数がカソードインピーダンスの Z_k を表わす。この曲線が直線であれば直線性抵抗となり、又直線でないならば非直線性抵抗となる。

前者の場合、直線の延長が e_{gb} 軸に交つた點を G_c とすれば、それは真空管 V_B に加はる固定バイアスである (第8圖)。

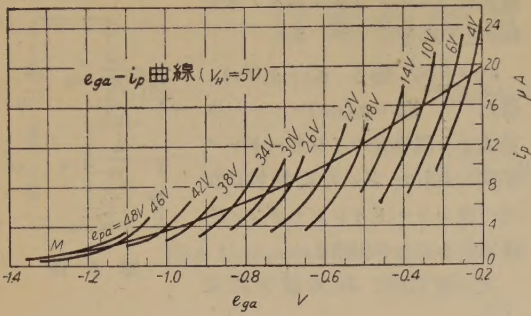


第8圖

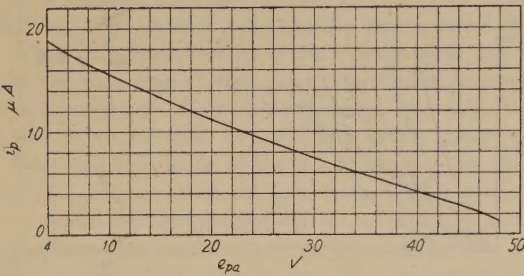
3. 實際の回路

非直線性インピーダンスに真空管を利用するから双三極管 6SL7-GT 管を使用す。特性曲線より各値の決定を行う。

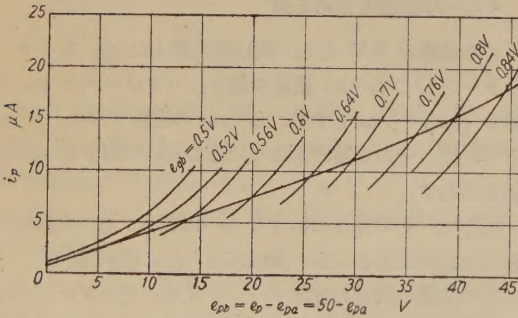
第12圖の曲線の傾度の逆数が Z_k を表わす $Z_k \approx 21.8 \text{ k}\Omega$ 故に $Z_k = 22 \text{ k}\Omega$ と定む。固定バイアスは圖より



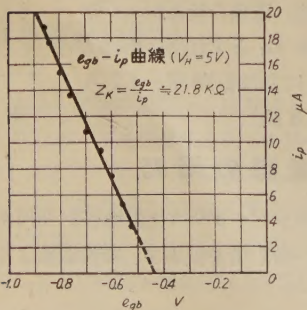
第 9 圖 $e_{ga}-i_p$ 曲線より $e_{pa}-i_p$ 曲線を求める。MM' 曲線は適宜に定めた自乗特性曲線である。



第 10 圖 $e_{pa}-i_p$ 曲線 この曲線より $e_p=50V$ と定める。

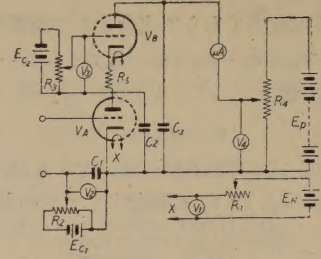


第 11 圖 $e_{pa}-i_p$ 曲線より $e_{pb}=e_p-e_{pa}$ なる関係を用いて $e_{pb}-i_p$ 曲線を真空管の $e_{pb}-i_p$ 曲線上に描く。



第 12 圖 $e_{pb}-i_p$ 曲線より $e_{pb}-i_p$ 曲線を求める。

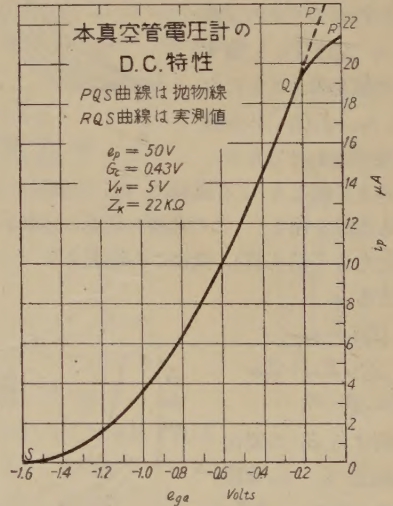
$G_c=0.43V$ と定める。以上により各種の決定は終つて、次の如き回路を得る。(第13圖)



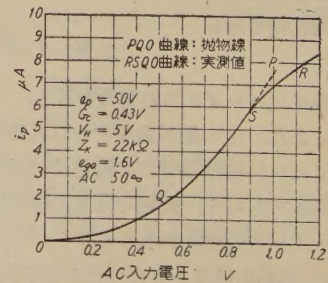
第 13 圖 配線圖

真空管：6SL7-GT

R_1 ：30Ω レオスタット 1W
 R_2 ：10kΩ レオスタット 0.5W
 R_3 ：5kΩ レオスタット 0.5W
 R_4 ：50kΩ レオスタット 0.5W
 R_5 ：22kΩ
 C_1 ：0.01μF マイカ
 C_2 ：0.01μF マイカ
 C_3 ：0.01μF マイカ
 $V_1=5V$ $V_2=1.6V$ $V_3=0.43V$
 $V_4=50V$ これ等の値は常に一定とす。



第 14 圖



第 15 圖 A C 特性

4. 實驗結果

測定範圍は動作點を特性曲線のカットオフにおいた時最高で 0.9 ボルトまでである。結果は直流と 50 サイクルの交流で行つてある。第 14 圖, 第 15 圖はこれを示す。

5. 本測定機器使用上の注意

- 1) この真空管電圧計の安定のために電源は蓄電池を用いる。
- 2) 電子初速度による誤差を最少にするためヒーター電圧を規定より低くする。(尙この電圧は 5 ボルトがよい)。

- 3) 特性曲線のカットオフの點に動作點をおく様に V_A のグリッドバイアスを調整する。
- 4) V_B につながる回路は漏洩電流のない様充分注意を必要とする。

6. 結 言

本研究は S. H. F. Amplifier Tube の Noise Figure 測定の一部として行つたが、他の目的にもかかる電圧計が必要であり尙かかる着想を基にして、もつと異つた電圧範圍の自乗特性電圧計も設計が可能であるから發表した。本研究に關し御指導を賜つた拔山平一先生に厚く感謝する。又、色々消耗品の御援助をしていただいた日本電装株式會社並びに東西電機株式會社に深謝する。

磁電管の内部アドミッタンス

(1951年5月10日受理)

桑 原 爲 一.¹⁾ 加 藤 正 視²⁾

Internal Admittance of Split-Anode Magnetron

By Tameichi KUWABARA

Masami KATÔ.

In this paper, the electronic capacity is measured from the susceptance of the electronic admittance in the oscillating and nonoscillating split-anode magnetron. The measured frequency is 237mc. The measured capacity includes the static capacity produced by the effect of the space charge. The electronic capacity then obtained by subtracting the static capacity from the measured capacity (that is dynamic capacity).

The static capacity is measured under the same condition as that used for dynamic capacity measurement. One example of the results obtained is as follows.

1) The variation of the value of the dynamic capacity in the neighbourhood of the oscillation region is from -0.05 to $+0.2$ mmfd under the conditions that constant magnetic field is 0.065 wb/m^2 and anode potential is a variable parameter (Fig. 4-a).

2) The variation of the value of the static capacity is from 0 to $+0.15$ mmfd under the same condition as (1).

The static capacity begins to rise sharply near cut-off. (Fig 4-b)

In order to provide a check on the experimental results the electronic admittance Eq. (18) was calculated from the oscillating current assuming the shape of the rotating electron spokes and uhf voltage.

In certain cases, quantitative agreement of the electronic capacity between theoretical and experimental results are obtained (Fig. 13).

These experimental results can be used as a basis for design in devices using the magnetron to furnish electronic control of frequency.

1. 緒 言

磁電管の發振周波数は陽極電壓又は磁界が僅か變動しても非常に變り易く、磁電管を發振管として使用する場合にはこれは一大缺點である。この理由は發振時における磁電管の電子アドミッタンスのサスセプタンス分が、陽極電壓や磁界の影響を受け易いため、この現象に着目すれば磁電管を uhf 電子制御周波數變調管 (Electronic F. M. tube) に利用できることが豫想される。

本研究は外部より uhf 電壓を加えると、磁電管の發振領域前後の非發振領域にも等價アドミッタンスを生ずることがわかつたので、上述の目的の基礎として先ず既成の連續波用4分割磁電管により、主として電子アドミッタンスのサスセプタンス分を測定した。測定周波數は約 237 MCである。この測定を特に動的測定と名付け、この測定により求められた等價容量を動的容量と云うこ

とにする。

假想陰極を靜電的に一つの導體と等價的に考えると、この假想陰極と兩陽極との間には一つの靜的容量を生ずる。假想陰極半徑は磁電管電壓及び磁界により變るから、この靜的容量も共に變化すると考えられる。この靜的容量は上記の動的測定によつて測つた動的容量の中に含まれていると考えられるので、この靜的容量を差引いたものが純動的容量即ち電子容量となる。靜的容量と磁電管の冷間容量とは、明らかに區別されねばならぬ。

又磁電管の發振領域に於ける電子アドミッタンスを近似計算したところ、實驗で求められた電子容量の値と大體一致した。

2. 測 定 装 置

(A) 動的測定

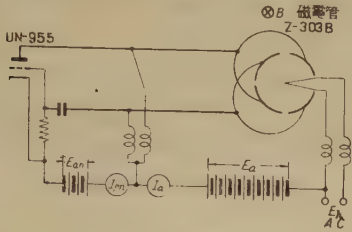
磁電管の電子アドミッタンスを測定するには次の方法

¹⁾ 大學院學生 工學部電氣工學科 岡部研究室

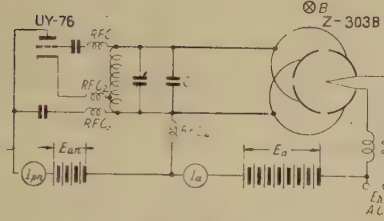
²⁾ 工學部電氣工學科 岡部研究室

本研究は文部省科學研究費により行われたものである。

で行った。先ず第1圖Aの如く定在波發振器のレッテル



第1圖A



第1圖B

線の終端に磁電管の兩陽極を接続し、發振器の發振周波數を周波計で讀む。磁電管の磁界(又は陽極電壓)を一定とし、陽極電壓(又は磁界)を加え、これを變化すれば磁電管の發振領域とその前後で等價アドミッタンスのサ

スセプタンス分を生ずるから、發振器の發振周波數が變化する。この周波數偏差から計算により動的容量が求まる。即ち、發振器の同調回路を第2圖の如くすると、この自由振動條件は傳送理論より

$$\frac{Z_2 \cosh \Gamma l + K \sinh \Gamma l}{K \cosh \Gamma l + Z_2 \sinh \Gamma l} + \frac{Z_1}{K} = 0 \dots (1)$$

但し Γ = レッテル線の傳播常數

K = レッテル線の特異インピーダンス

l = レッテル線の長さ

ここで $Z_1 = \frac{1}{j\omega C_1}$, $Z_2 = \frac{1}{j\omega C_2}$ とし、回路の損失を考慮し(1)式は

$$\tan \beta l = \frac{K\omega(C_1 + C_2)}{K^2\omega^2 C_1 C_2 - 1} \dots (2)$$

$$C_2 = \frac{K\omega C_1 + \tan \beta l}{K\omega(K\omega C_1 \tan \beta l - 1)} \dots (3)$$

(2) 式より ω に対する磁電管の等價容量 C_2 が得られる。ここで C_1 は發振器のソケット端子から真空管をみた浮遊容量で、 β は位相常數である。

發振管はエーコン管 UN 955 である。周波數偏差は吸收型周波計で測定し、同時にエーコン管發振器の相對出力を測定した。磁電管の發振領域では、發振出力が大きいため、發振器の印加發振出力が停止してしまう。そこ

で磁電管發振領域は磁電管の發振周波數を測定した。

(B) 靜的測定

磁電管の靜的容量の測定法は動的測定と同様であるが測定用發振器の發振周波數が磁電管發振周波數に比して無視出来る程度にして置く。第1圖Bは靜的測定裝置で、測定用發振器はUY76によるハートレー回路である。磁電管の外部回路は動的の場合と同一周波數を發振する長さとし、終端に測定用發振器のタンク回路の容量 C_1 を接続し、同時に磁電管の發振周波數に對し短絡しておく。然しこれだけでは磁電管の發振出力が測定用發振器に悪影響を及ぼすので、發振器を安定に保つためチョークRFC1~4を挿入した。使用周波數は約2.75MCと3.1MCである。磁電管は動的測定の場合と同一状態で動作し、測定用發振器の發振周波數をヘテロダイン周波計で讀む。この周波數變化から磁電管の靜的容量を周知の式

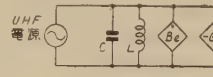
$$\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}} \text{ より求めることができる。}$$

磁電管の發振周波數は吸收型周波計で監視し、又測定用發振器の發振出力を別の吸收型周波計で測定した。

3. 測定結果

(A) 動的測定

第4, 5, 6圖Aは磁電管の磁界B(又は陽極電壓 E_a)、ヒラメント電流 I_h 、エーコン發振器の發振出力を一定とし、 E_m (又は磁界B)を變えた場合の測定の一例である。

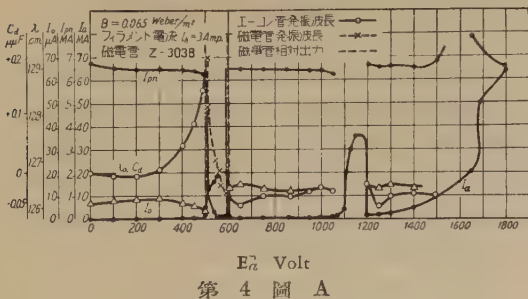


第3圖

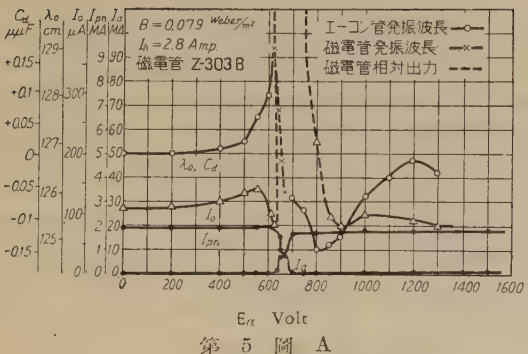
圖中磁電管發振領域は3ヶ所程あらわれたが、陽極電壓の最も低いところの發振が周波數約237 MCのG型發振で

ある。磁電管の等價アドミッタンスの測定はすべてこの周波數の發振にのみ重點を置いた關係上、他の發振領域については省略する。エーコン管發振器の發振周波數の變化を圖では波長變化 λ_0 で表わしてあるが、測定結果によれば、磁電管發振領域とその前後の非發振領域で波長が急激に増減している。 I_0 は磁電管陽極電流である。

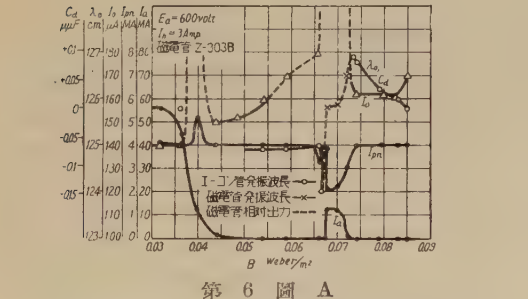
第2圖の等價回路をみると、エーコン管發振器と磁電管との共振回路が同一であるため、エーコン管の電子アドミッタンスを考えぬ時、(2)式より兩者の共振波長は同一である筈であるから第4圖の動的波長變化曲線も發振、非發振領域を通じ連續と考えて大差ない。そこでこの波長變化を(3)式より容量變化に換算した場合は動的容量 C_a を同じ波長曲線で表わすことが出来る。動的容量が正から負に變ることは等價的に容量性から誘導性に變ることである。第3圖はこの測定における等價並列回路でLCは外部共振回路のインダクタンス及び容量であり、



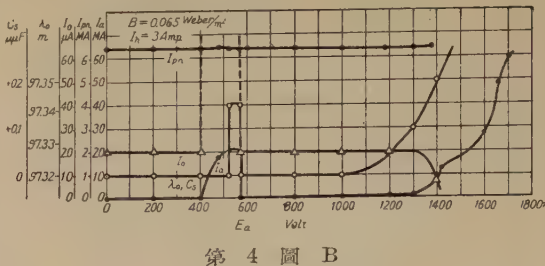
第 4 圖 A



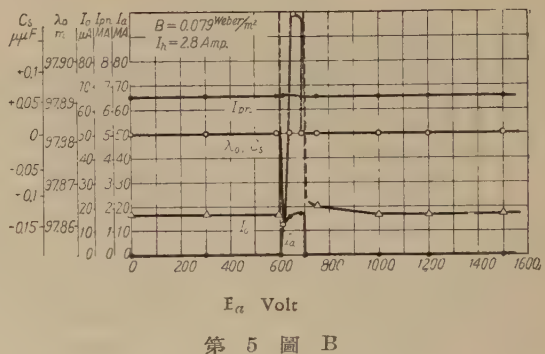
第 5 圖 A



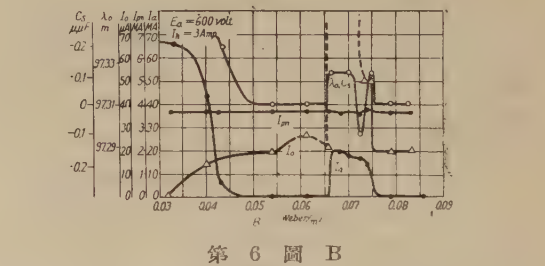
第 6 圖 A



第 4 圖 B



第 5 圖 B



第 6 圖 B

B_0, G_0 は磁電管の電子サセプタンスとコンダクタンスである。従つて磁電管の等価電子アドミッタンス Y_0 は $Y_0 = -G_0 + jB_0$ であらわされる。¹⁾

a) 磁電管の發振開始點附近

磁電管の發振にいたる過渡状態に於て、エーコン管發振器の發振波長は急激に上昇する。ここに於て、外部共振角周波數 ω_0 と、磁界、陽極電壓によつて決る電子周回角周波數 Ω_2 とが接近して $\omega_0 > p\Omega_2$ (p =陽極片對數)の場合で容量性である。

電子コンダクタンスは直接に測定しなかつたが、エーコン管發振器の相對出力 I_0 より間接にその傾向を知ることが出来る。磁電管が僅かに發振し始めると、この出力のためにエーコン發振出力は急激に低下する。エーコン發振器側の vhf 電壓は測定していないがその相對的目安として陽極電流 I_{pn} から判斷することが出来る。この領

域は vhf F.M 管に利用できる範圍として注目される。

(b) 磁電管發振領域

發振領域ではエーコン發振器の發振が全く停止してしまうので、そのままの状態では磁電管の發振波長 λ_0 及び相對出力 I_0 を測定した。その結果、發振波長は減少 (frequency pushing) し始め、 $\omega_0 = p\Omega_2$ の時、即ち發振出力が最大の時、無効分はほぼ零となる。但しこの點は空間電荷に起因する種々の現象のため、いづれかずれて來ている。以上のことから共振條件が完全に満たされている時磁電管は一つの負性コンダクタンスと等價になることが認められた。又この完全共振點を過ぎて、 $\omega_0 < p\Omega_2$ となれば、發振波長は減少し、位相關係は誘導性となり、負の容量に等價となる。この附近は、引張り現象が含まれるので、大部分除いてあるが測定上最も困難な場所であつた。

c) 磁電管發振停止附近

發振が停止した後は、再びエーコン管發振器の發振波長を測定した。ここでは矢張り負容量であるが漸時減少して、 ω_0 に近づく傾向となる。理論的には發振波長の増減の量は完全共振點の兩側で同一となるべきである。³⁾

實測によれば、磁界をパラメーターとした場合はこの磁界が強い程、又陽極電壓をパラメーターとした場合はこの陽極電壓が高い程同一となる傾向を示した。この理由の一つとして靜的容量が小さいため動的負容量を打消す割合が少ないためではないかと思われる。

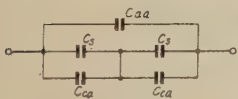
(B) 靜的測定

第4, 5, 6 圖 B は磁電管の發振條件を第4, 5, 6 圖 A の動特性の場合と同じにして別に靜的測定を行つたものである。外部印加發振器が動的の場合と異なる爲め磁電管の發振條件を完全に一致させることはできぬ。外部の發振器の發振波長變化は磁電管の發振領域と陽極電流遮斷附近に於て著しく變化し、他の領域では波長變化はみられなかつた。これはヘテロダイン周波計の周波數變化を靜的容量に換算すると 0.1 P.F 以下は測定できないからである。磁電管の兩陽極間の靜的容量が發振領域で急激に増加するのは假想陰極が大きくなる他に、同期速度で回轉する電子極 (electron spokes) による影響が加わるためと思われる。この磁電發振領域中の靜的測定は磁電管が種々の振動を生じ、雜音を發生するので非常に難かしい。特に 第5, 6 圖 B に於て發振領域で靜的容量が負になる現象があらわれる原因は目下不明である。

今磁電管の實效陰極半徑を r_{eff} とすると³⁾

$$r_{eff} = r_c \left(1 + \frac{2ns}{r_c} \frac{\omega_f^2}{\omega_c^2 - \omega_f^2} \right) \frac{n}{2} \dots (4)$$

である。ここで r_c は陰極半徑、 S は陰極周圍の電子鞘 (electron sheath) の厚さ、 ω_f は外部より印加された角周波數、 ω_c はサイクロトロン角周波數、 n は陽極片の對數である。(4) 式によれば $\omega_f/\omega_c < 1$ の時靜的容量は増大し、 $\omega_f/\omega_c > 1$ の時は減少する。第4, 5, 6 圖 B は何れも前者の場合に當るから實效陰極半徑が増せば靜的容量 C_s も増さねばならぬ。第7 圖は4分割磁電管の兩陽極からみた冷間容量を含む等價靜的容量である。ここで C_{aa} は兩陽極間の冷間容量、 C_{ca} は陰極假想陰極間の冷間容量、 C_s は陽極假想陰極間の靜的容量である。この靜



第7 圖

的容量 C_s を $C_s = \frac{K}{\ln \frac{r_a}{r_{eff}}}$ とする。³⁾ r_a は陽極半徑。

K は常數である。實測結果によると cut-off 附近に於て

靜的容量は對數的に増加する傾向を示し假想陰極の影響を認めることができた。

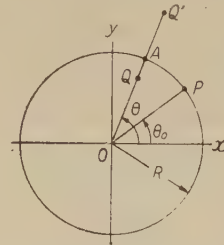
發振領域に於いては、上述の靜的容量のほかに、電子極の影響が加わるため、この解析は非常に複雑である。

4. 磁電管の發振領域に於ける等價電子アドミッタンス

磁電管の電子アドミッタンスを計算するに當り次の方法によつた。先づ長い圓筒電極内にその軸に平行な長い線電荷による誘導電荷を求め、この線電荷が一定速度で運動する時分割圓筒電極に生ずる誘導電流を求める。⁴⁾ 次に磁電管内空間を迴轉する電子極を適當に假定し、外部回路に生ずる振動電流を求める、これと分割陽極片相互間に生ずる超高周波電壓とから等價アドミッタンスを算出する。以下これについて大約を述べることにする。單位は MKS 單位系による。

誘導電荷分布

第8 圖は分割圓筒電極及び陰極軸に垂直な斷面を示す。圓筒はこの場合分割しない完全圓筒をなす。0 は半徑 R なる圓の中心、 Q は線電荷 (單位長當り) $-q$ の位置



第8 圖

で ($Q=r$ とする。影像法により圓筒の電位が零なるとき。電荷 $-q$ の圓筒による像の位置 Q' 及びその電荷 q' は次の如くなる。

$$AQ' = \frac{R^2 - Rr}{r}, \quad q' = +q$$

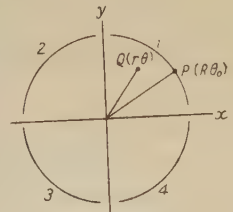
従つて圓筒表面上の點 P に誘導される電荷密度 σ はクーロンの式により計算して

$$\sigma = \frac{q}{2\pi} \frac{R^2 - r^2}{R(R^2 - 2Kr \cos(\theta - \theta_0) + r^2)}$$

となる。但し、 θ は OQ と ox との間の角で θ_0 は op と ox との角である。

四分割電極に生ずる誘導電流

次に第9 圖の如く、push-pull 接續對稱四分割圓筒電極内面に生ずる電氣量のうち、各分割電極上のものを以下順次に求めて行く。電極1に對しては



第9 圖

$$q_1 = \frac{q}{\pi} \left[\tan^{-1} \left\{ \left(\frac{R+r}{R-r} \right) \frac{\cos \theta}{1 + \sin \theta} \right\} + \tan^{-1} \left\{ \left(\frac{R+r}{R-r} \right) \frac{\sin \theta}{1 + \cos \theta} \right\} \right]$$

電極 3 に対しては,

$$q_3 = -\frac{q}{\pi} \left[\tan^{-1} \left\{ \left(\frac{R+r}{R-r} \right) \frac{1+\sin\theta}{\cos\theta} \right\} + \tan^{-1} \left\{ \left(\frac{R+r}{R-r} \right) \frac{1+\cos\theta}{\sin\theta} \right\} \right]$$

よつて對角的四分割電極片二つずつを一對として考える

$$Q_A = q_1 + q_3, \quad Q_B = q_2 + q_4$$

$$Q_A = -\frac{q}{2} + \frac{q}{\pi} \tan^{-1} \frac{2R^2 r^2 \sin 2\theta}{R^4 - r^4}$$

そこで對角狀に結んだ一對ずつの二對の電極片に對し、これらを導線に結んだとすると、若し線電荷が一定角速度 ω で廻轉すればこれに流れる誘導電流 I は基本振動のみをとり

$$I = \frac{dQ_A}{dt} = \frac{2q\omega\alpha}{\pi} \frac{\cos 2\theta}{\alpha^2 + \sin^2 2\theta} = \frac{4q\omega}{\pi} \frac{r^2}{R^2} \cos 2\theta \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$\text{但し } \alpha = \frac{R^4 - r^4}{2R^2 r^2}, \quad \omega = \frac{d\theta}{dt}$$

電子極の廻轉により生ずる振動誘導電流

次に半径 r , 偏角 θ なる點にある電荷要素 (フィラメント軸方向單位長當り) $-e r dr d\theta$ によつて電極外部回路に生ずる振動電流 dI は (5) より

$$dI = \frac{4\omega\rho}{\pi R^2} r^3 \cos 2\theta dr d\theta \quad \dots\dots\dots (6)$$

(6) 式を xy 直交右手座標系に直すと次の如くなる。

$$dI = \frac{4\omega\rho}{\pi R^2} (x^2 - y^2) dx dy \quad \dots\dots (7)$$

更に第10圖の如き電子極を假定したときその中心線の x 軸となす角を θ_1 とするとき, xy 座標軸を θ_1 丈廻轉しこれを XY 直交座標軸とすると (7) 式は

$$I = \frac{4\omega}{\pi R^2} \iint \rho \{ (X^2 - Y^2) \cos 2\theta_1 - 2XY \sin 2\theta_1 \} dX dY \quad (8)$$

となる。ここで第11圖の如き幅 $2a$ なる單冊と分割圓筒電極とのつくる形狀を假定する。面積 $ABCA$ と $FEDF$ とは矩形 $ACDF$ に對して無視できるから、若し電荷密度 ρ が一定であれば (8) 式は次の如くなる。

$$I = \frac{4\omega\rho}{\pi R^2} \int_{-a}^{+a} \left[\int_{-\sqrt{R^2-a^2}}^{+\sqrt{R^2-a^2}} \{ (X^2 - Y^2) \cos 2\theta_1 - 2XY \sin 2\theta_1 \} dX \right] dY = \frac{16\omega\rho}{3\pi} R^2 \xi (1 - 2\xi^2) \sqrt{1 - \xi^2} \cos 2\theta_1 \quad (9)$$

$$\text{但し } \xi = \frac{a}{R} < 1$$

電子極の回轉角速度 ω とし、時刻 $t=0$ に於て $\theta_1 = \phi$ とすると (9) 式は次の如く書かれる。但し ω は發振周波數で $\omega = 2\bar{\omega}$

$$I = \frac{8\omega\rho}{3\pi} R^2 \xi (1 - 2\xi^2) \sqrt{1 - \xi^2} \cos(\omega t + \phi)$$

電子アドミッタンス

相隣れる分割陽極相互間にあらわれる uhf 電壓を V とすれば $V = V_m \cos \omega t$ で (9) 式より等價電子アドミッタンスが得られる。

$$Y_e = \frac{8\omega\rho}{3\pi V_m} R^2 \xi (1 - 2\xi^2) \sqrt{1 - \xi^2} \cos \phi - j \frac{8\omega\rho}{3\pi V_m} R^2 \xi (1 - 2\xi^2) \sqrt{1 - \xi^2} \sin \phi \dots\dots\dots (10)$$

$$= G_{m1} \cos \phi + j B_{m1} \sin \phi = G_{e1} + j B_{e1}$$

上式中第1項は等價電子コンダクタンス分を、第2項は等價サスセプタンス分をあらわす。今 $\xi < \frac{1}{\sqrt{2}}$ のとき、

$G_{m1} > 0$, $B_{m1} < 0$ であるとする、従つて $G_{e1} < 0$ なる領域は $\frac{\pi}{2} < \phi < \frac{3\pi}{2}$ の場合であるから $\psi = \phi - \pi$ として $-\frac{\pi}{2}$

$< \psi < \frac{\pi}{2}$ の領域について考えれば電子アドミッタンス (10) 式は次の如く書換えられる。

$$Y_{e1} = \frac{8\omega\rho}{3\pi V_m} R^2 \xi (1 - 2\xi^2) \sqrt{1 - \xi^2} \cos \psi + j \frac{8\omega\rho}{3\pi V_m} R^2 \xi (1 - 2\xi^2) \sqrt{1 - \xi^2} \sin \psi = -G_{m1} \cos \psi + j B_{m1} \sin \psi = -G_{e1} + j B_{e1} \quad \dots\dots\dots (11)$$

(11) 式の電子サスセプタンス分 B_{e1} は $\sin \psi$ に應じて正負となり、

$$-\frac{\pi}{2} < \psi < 0 \quad B_{e1} < 0$$

$$0 < \psi < \frac{\pi}{2} \quad B_{e1} > 0$$

小谷、朝永氏理論より位相角の導入

$2p$ 分割磁電管の發振角周波數 (外部回路を含め) ω と磁電管の發振角周波數 $p\omega_2$ との間に $\Delta\omega$ の差を生ずるとき、電子極の位置は完全同期の位置から ϕ 丈の位相を生ずる。

$\omega = p\omega_2 + \Delta\omega$ とすると

$$\phi_{2p} = -\frac{1}{p} \sin^{-1} \frac{\pi m (\Omega_1 - \Omega_2) P^p (\Delta\omega)}{3 p^2 e V_m r_2^{(P-2)}} \quad \dots (12)$$

$$\text{但し } \Omega_1 = \omega_H + \sqrt{\omega_H^2 - \omega_C^2}$$

$$\Omega_2 = \omega_H - \sqrt{\omega_H^2 - \omega_C^2}$$

r_2 = 電子極内任意の一點から中心迄の距離

(12) 式は小谷、朝永氏の理論より導入したもので、これ

を4分割陽極磁電管に於ける ϕ_4 を求めると

$$\phi_4 = -\frac{1}{2} \sin^{-1} \left\{ \frac{\pi R^2 B}{12 V_m} \sqrt{1 - \frac{8mE_a}{eR^2 B^2}} (\Delta\omega) \right. \\ \left. = -\frac{1}{2} \sin^{-1} (\eta \Delta\omega) \text{ 但し } \Delta\omega = \omega - 2\Omega_2 \right.$$

$$\omega_H = \frac{eB}{2m}, \quad \omega_c = \sqrt{\frac{2eE_a}{mR^2}} - \eta = \frac{\pi R^2 B}{12 V_m} \sqrt{1 - \frac{8mE_a}{eR^2 B^2}}$$

故に $\cos \phi_4 = 1 - 2 \cdot \eta \Delta\omega \dots (13, a)$

$$\sin \phi_4 = -2\eta \cdot \Delta\omega \sqrt{1 - (\eta \Delta\omega)^2} \dots (13b)$$

空間電荷密度について⁶⁾

電子極の全電子電氣量は空間電荷密度 ρ を一定と考えた場合は次の如くなる。但し圓筒軸方向に單位長當りとする。
 $Q = 4\rho a \sqrt{R^2 - a^2} = 4\rho R^2 \xi \sqrt{1 - \xi^2}$

$$\therefore \rho = \frac{Q}{4R^2 \xi \sqrt{1 - \xi^2}} \dots (14)$$

空間電荷量 Q の値をやや正確ならしめるために、靜的狀態に於ける磁電管の特性を利用する。H. W. Welch の論文によれば半徑方向に電流が存在しないとき、磁電管内の單位長當りの全空間電荷は次式で定義される。⁶⁾

$$Q_0 = \frac{1}{2} \pi \epsilon_0 \frac{e}{m} B^2 r_c^2 \left(\frac{r_c^4}{r_H^4} - 1 \right) \dots (15)$$

但し $\epsilon_0 = \frac{1}{36\pi} \times 10^{-9}$ farad/meter

r_c = 陰極半徑

B = ヒラメント方向に加えられた磁界の
磁束密度

$r = r_H$ 空間電荷群の半徑

非發振狀態に於て、 E_a/B_2 が一定の時、空間電荷群 (Space charge swarm) の半徑 r_H が一定となることは次式により示される。

$$\frac{E_a}{B^2} = \frac{e}{8m} r_H^2 \left[2 \left(1 - \frac{r_c^4}{r_H^4} \right) \log \frac{R}{r_H} + \left(1 - \frac{r_c^2}{r_H^2} \right)^2 \right] \dots (16)$$

ここで E_a は磁電管陽極電壓

依つて(16)式より假想陰極半徑 r_H を求めれば(15)式より非發振狀態の電子極内全空間電荷 Q_0 が求まるから、發振狀態に於いては常數 K を掛けて全空間電荷をあらわすことにする。故に(14)式は次式の如くなる。

$$\rho = \frac{KQ_0}{4R^2 \xi \sqrt{1 - \xi^2}} \dots (17)$$

電子アドミッタンス(11)式に(13), (17)式を代入すれば

$$Y_c = -\frac{2Q_0}{3\pi V_m} K(1 - 2\xi^2) \omega \{1 - 2(\eta \cdot \Delta\omega)^2\} \\ + j \frac{4Q_0}{3\pi V_m} K(1 - 2\xi^2) \omega \cdot \eta \cdot \Delta\omega \sqrt{1 - (\eta \cdot \Delta\omega)^2} \dots (18)$$

$$\left. \begin{aligned} G_c &= -\frac{2Q_0}{3\pi V_m} K(1 - 2\xi^2) \omega \{1 - 2(\eta \cdot \Delta\omega)^2\} \\ C_c &= \frac{4Q_0}{3\pi V_m} K(1 - 2\xi^2) \eta \cdot \Delta\omega \sqrt{1 - (\eta \cdot \Delta\omega)^2} \\ L_c &= -\frac{3\pi V_m}{4Q_0(1 - 2\xi^2) K \cdot \eta \cdot \omega^2 \Delta\omega \sqrt{1 - (\eta \cdot \omega \Delta)^2}} \end{aligned} \right\} (19)$$

數值的吟味

(18)式であらわされた電子アドミッタンス(單位長當り)に適當な定數を選んで電子容量の計算を行い、實驗結果と比較する。

電子容量 C_c は(19)式より次の近似式で示す、

$$C_c = \frac{R^2 B Q_0}{9 V_m^2} K(1 - 2\xi^2) \sqrt{1 - \frac{8mE_a}{eR^2 B^2}} \cdot \Delta\omega \text{ Farad}$$

一例として磁束密度 $B = 0.079$ wb/m² の場合について試みる。ここで次の假定を行う。

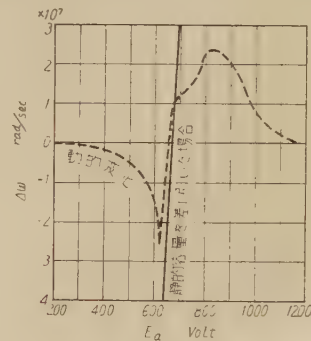
$$V_m = 80 \left(1 - \frac{| \Delta\omega |}{4.4 \times 10^7} \right) \text{ volts,}$$

$$K = \left(1 - \frac{| \Delta\omega |}{4.4 \times 10^7} \right)$$

$$\xi = 0.4 (1 + 0.175 \times 10^{-7} \times \Delta\omega) \leq \sqrt{\frac{1}{2}}$$

$$\Delta\omega \leq 4.4 \times 10^7 \text{ rad/sec}$$

陽極電壓 E_a と角周波數偏差 $\Delta\omega$ との間の關係は、第5圖Aより第5圖Bの靜的容量を差引き、結局第12圖の如く直線的にあらわされるものとした。 l はフィラメント方向の陽極の長さ(m)で、 Q_0 は(15)式より計算する。

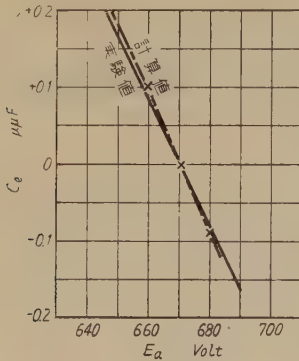


第12圖

第13圖は實驗値と計算値との比較であつて、假定が多い上に近似を行つたにも拘らず傾向は一致し、その order も M. Jänke が實驗的に求めたものと同一である。⁶⁾

理論値は發振領域内の角周波數偏差 $\Delta\omega$ の小なる範圍にしか適用されぬので發振領域の兩端は計算できない。電子アドミッタンスの正確な計算を行うには、是非とも

“電子統計力學”という困難な問題を解決せねばならぬ。



第 13 圖

結 言

磁電管の等価アドミタンスのサスセプタンス分を周波数變化より求め、その電子容量を回路的に又電子的に計算し、両者が同じ傾向を持つことが解つた。又磁電管の發振周波数は外部回路の他に、靜的容量の影響が電子容量と同じ程度含まれていることも解つた。磁電管を FM 管として使用することは可能であるが、周波数が高く

なると假想陰極を形成する空間電荷は非常に重要な問題となる。リアクタンス分が變るところで、コンダクタンス分も變るところを使うと、F.M に A.M が加わるから注意せねばならぬ。

尙、研究に際し、終始御鞭撻を賜つた横地工學部長に深謝する。

参考文献

- (1) 水間、朝永、高尾：極超短波磁電管，コロナ社刊
- (2) M. Jänke：Untersuchung des inneren Verhaltens von Magnetfeldröhren durch Messung bei Fremderregung.
H. F. T. E. A, 3(Sept. 1939)
- (3)(6) H. W. Welch：Effect of space-charge on frequency characteristics of Magnetron
I. R. E. (Dec. 1950)
- (4) 岡崎篤義：分割圓筒電極内の運動電荷による誘導電流電學誌 第59卷 7號(昭和14年7月)
- (5) 岡村總吾：多分割磁電管の發振周波数に就て電通學誌 第30卷, 10號
- (7) 原源之助：磁電管の内部容量及び抵抗の變化について、電學誌 第 59 卷, 7 號(昭和 14 年 7 月)

時計歩度の電氣的測定裝置

(1951年5月10日受理)

川 西 健 次¹⁾

Time Rate Calibration of Watches

By Kenji KAWANISHI

The interval of the ticking sound of a watch is regular, for example, $1/5$ sec. for wrist watch. If the watch is accurate, the interval is just $1/5$ sec., but if fast, it is shorter than $1/5$ sec. and vice versa. So the time rate of a watch may be determined by comparing the interval with standard time.

In the author's device, a crystal oscillator is employed, and the two time intervals are compared on the screen of a cathode ray tube, and by this method an error of time rate of about 1 sec. per day can be deduced in a short time.

An automatic recording system is also described. Fig.14 is an example of result of this system.

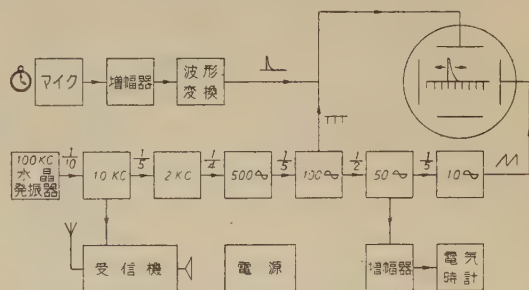
1. 緒 言

近時計工業が盛になり、その輸出が叫ばれて居る折柄、時計の歩度、従つて又 1日の狂いを 1分間程度の測定によつて推則する装置は時計の研究、多量生産の精度、速度にとつては極めて必要なるものであり、又時計修理の面からも極めて便利なるものであろう、既に諸外國に於てはこれが装置は完成實用化されて居り我國に於ても最近その研究が活潑に行われ、既に數篇の論文も發表されて居る^{2),3),4),5),6),7)}、筆者は東大高木昇教授御指導の下に先にブラウン管を使った装置を完成、更に記録式の装置も實驗に成功したので⁸⁾、茲に取まとめて報告する。

2. 原 理

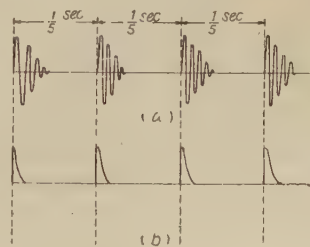
時計のチクタク音はその間隔が一定である。例えば腕時計、懐中時計及び掛時計(精工舎 天府式)では $1/5$ 秒、目覚時計(精工舎)は $3/10$ 秒、置時計(精工舎)では $1/4$ 秒である。以下懐中時計を例にとつて論を進めるが他種の時計に就ても同様である。

若し時計が正確ならば刻音間隔は正しく $1/5$ 秒であり、進むものはこれより短く、遅れるものは長い。従つて刻音間隔を正確な $1/5$ 秒と比較すれば時計の遅速を推定する事が出来る。標準の $1/5$ 秒としては安定化した自勵發振器より遞降した低周波の周期を利用するもの^{3),7)}、クロノメーターを利用するもの⁹⁾、音叉を利用するもの⁹⁾、もあるが、茲では水晶發振器を使用する事にした。組立が簡單で優れた安定度の發振が容易に得られるからである。



第 1 圖 (a) 測定裝置系統圖

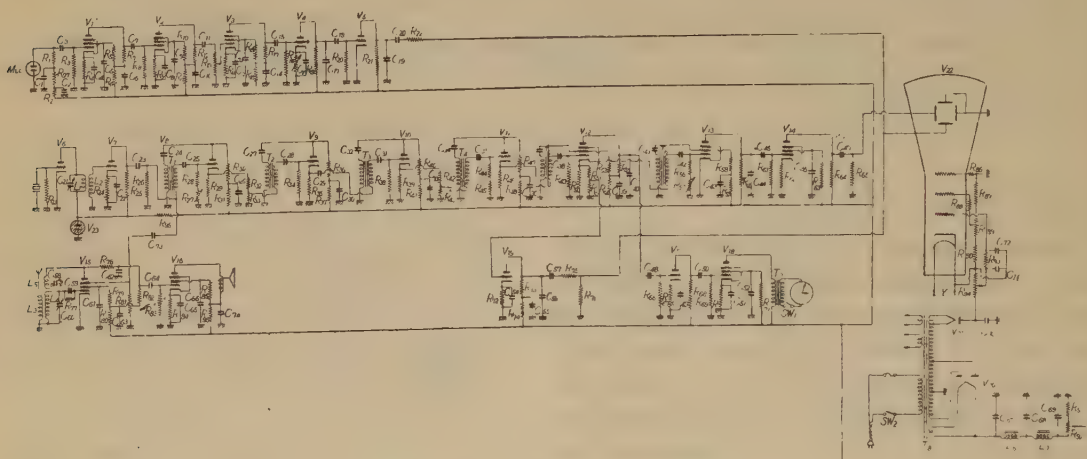
本裝置の系統圖を第1圖(a)、配線圖を同圖(b)に示す。時計音はマイクロホンで捉えて増幅する。このままの波形は時計により異なるが、大體第2圖(a)に示す如き急激に減衰する減衰振動であり、複雑な波形のままでは測定が困難であるから、(b)圖の如く各刻音の立上り點に於て單一の衝撃波に直してブラウン管の縦偏向板に加えて居る。



第 2 圖

別に 100Kc 水晶發振器より blocking oscillator によつて分周し、 100ω 、 50ω 、 10ω を得、 10ω は鋸齒狀波としてブラウン管の横軸とし、 100ω は衝撃波として横

| | | | | | | | | | | | |
|------------------|-----------------|------------------|---------------|------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|------------------|--------------|-------------------|
| R_1 5M | R_{21} 200K | R_{41} 30K | R_{61} 7M | R_{81} 2.5M | C_1 1 μ | C_{21} 30-150P | C_{41} 0.2 μ | C_{61} 0.1 μ | T_1 (P-B 300T | V_1 6C6 | V_{21} 142 |
| R_2 30K | R_{22} 100K | R_{42} 25K | R_{62} 1K | R_{82} 250K | C_2 1 μ | C_{22} 0.01 μ | C_{42} 0.01 μ | C_{62} 100P | (G-E 450T | 6C8 | V_{22} SSE-120G |
| R_3 5M | R_{23} 1M | R_{43} 10K | R_{63} 1M | R_{83} 500K | C_3 250P | C_{23} 0.1 μ | C_{43} 20 μ | C_{63} 2 μ | | 6C8 | V_{23} VRA放電管 |
| R_4 1K | R_{24} 1K | R_{44} 3M | R_{64} 200K | R_{84} 2K | C_4 0.5 μ | C_{24} 0.05 μ | C_{44} 1 μ | C_{64} 0.005 μ | T_2 (P-B 440T | V_2 666 | |
| R_5 500K | R_{25} 10K | R_{45} 25K | R_{65} 4M | R_{85} 500K | C_5 0.5 μ | C_{25} 200P | C_{45} 2 μ | C_{65} 20 μ | (G-E 600T | V_3 76 | L_6 20H |
| R_6 30K | R_{26} 6K | R_{46} 500 | R_{66} 900K | R_{86} 500K | C_6 1 μ | C_{26} 2.0 μ | C_{46} 2 μ | C_{66} 1 μ | | V_4 76 | L_7 20H |
| R_7 250K | R_{27} 20K 可変 | R_{47} 50K | R_{67} 2K | R_{87} 400K | C_7 250P | C_{27} 0.1 μ | C_{47} 8 μ | C_{67} 8 μ | T_3 (P-B 600T | V_5 76 | |
| R_8 1M | R_{28} 350K | R_{48} 20K | R_{68} 100K | R_{88} 500K | C_8 0.5 μ | C_{28} 300P | C_{48} 0.1 μ | C_{68} 8 μ | (G-E 900T | V_6 76 | |
| R_9 3K | R_{29} 600 | R_{49} 2M | R_{69} 4M | R_{89} 500K | C_9 0.5 μ | C_{29} 0.001 μ | C_{49} 2 μ | C_{69} 8 μ | | V_7 76 | |
| R_{10} 1M | R_{30} 10K | R_{50} 500 | R_{70} 1K | R_{90} 500K | C_{10} 1.0 μ | C_{30} 2 μ | C_{50} 0.05 μ | C_{70} 8 μ | T_4 (P-B 1000T | V_8 76 | |
| R_{11} 30K | R_{31} 30K | R_{51} 50K | R_{71} 8K | R_{91} 40K | C_{11} 100P | C_{31} 0.005 μ | C_{51} 8 μ | C_{71} 2 μ | (G-E 1500T | V_9 76 | |
| R_{12} 200K | R_{32} 10K | R_{52} 25K | R_{72} 500 | R_{92} 10K 可変 | C_{12} 0.5 μ | C_{32} 0.1 μ | C_{52} 0.5 μ | C_{72} 2 μ | | V_{10} 77 | |
| R_{13} 500K 可変 | R_{33} 3K | R_{53} 80K | R_{73} 40K | R_{93} 500K | C_{13} 0.5 μ | C_{33} 2 μ | C_{53} 2 μ | C_{73} 100P | T_5 低周波変圧器 | V_{11} 77 | |
| R_{14} 2K | R_{34} 475K | R_{54} 15K | R_{74} 30K | R_{94} 500K 可変 | C_{14} 1.0 μ | C_{34} 0.1 μ | C_{54} 2 μ | C_{74} 2 μ | T_6 電圧変圧器 | V_{12} 6C6 | |
| R_{15} 1M | R_{35} 500 | R_{55} 250K | R_{75} 100K | R_{95} 3K | C_{15} 100P | C_{35} 0.002 μ | C_{55} 2 μ | C_{75} 0.05 μ | T_7 出力変圧器 | V_{13} 6C6 | |
| R_{16} 30K | R_{36} 10K | R_{56} 4.5M | R_{76} 100K | R_{96} 30K | C_{16} 0.5 μ | C_{36} 2 μ | C_{56} 0.05 μ | C_{76} 0.1 μ | T_8 電圧変圧器 | V_{14} 6C6 | |
| R_{17} 100K | R_{37} 30K | R_{57} 500K 可変 | R_{77} 1M | R_{97} 100K | C_{17} 0.5 μ | C_{37} 0.1 μ | C_{57} 0.1 μ | C_{77} 0.1 μ | | V_{15} 6C6 | |
| R_{18} 1M 可変 | R_{38} 1.81M | R_{58} 100K | R_{78} 25K | | C_{18} 0.005 μ | C_{38} 0.005 μ | C_{58} 0.005 μ | C_{78} 再生(1/1) | | V_{16} 42 | |
| R_{19} 500K | R_{39} 1K | R_{59} 20K | R_{79} 1M | | C_{19} 0.003 μ | C_{39} 2 μ | C_{59} 250P | C_{79} 250P | | V_{17} 76 | |
| R_{20} 50K | R_{40} 50K | R_{60} 1M | R_{80} 30K | | C_{20} 0.1 μ | C_{40} 0.1 μ | C_{60} 30-390P | C_{80} 30-390P | | V_{18} 76 | |
| | | | | | | | | | | V_{19} 5Z3 | |



第 1 圖 (b) 測定装置配線圖

軸の目盛に使う。50 \sim は増幅して小型電気時計を廻し簡単な標準時計として居る。

時計が正確ならば刻音間隔は 1/5 秒であるからブラウン管で鋸齒状波が 2 回横軸を畫き終える間に 1 回縦軸に現れ、然も常に止まつて見える筈であり、狂つて居れば次第に右(左)に動いて行くから歩度の狂いを知る事が出来る。横軸鋸齒状波が左から右へ振れる場合には刻音衝撃波が次第に右(左)に進む事は遅れ(進み)を意味する。更に左(右)に移動する速度によつて歩度の狂いの大さを知る事が出来る。

刻音衝撃波が横軸の 1 つの目盛から出發し右又は左へ移動して再び元の目盛の位置に戻る迄の時間を T 秒、横軸鋸齒状波の周期を t 秒とすれば歩度の狂い (1 日當りの秒數で示す) E は次式で示される。

$$E = \pm \frac{86400t}{T} \quad \dots\dots\dots (1)$$

(±は進遅を示し、衝撃波が右に移動するか左に移動するかにより決める)

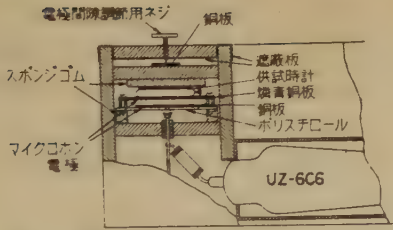
例えば $t = 1/10$, $T = 120$ とすれば $E = 72$ (秒) (即ち 1 分 12 秒) となる。即 2 分間觀測して元の位置に戻る時計は

1 日に 1 分 12 秒の狂いのある時計である事がわかる。歩度の狂いの少い程觀測時間は長くなるわけで、此の場合には横軸の目盛を利用すればよい。例えば上例の場合目盛數を 10 とすれば衝撃波が一つの目盛から次の目盛に移動する時間が 12 秒なら 1 日に 1 分 12 秒の狂いであり、1 日 1 秒の狂いならば約 14 分觀測すればよい事になる。

3. 回 路

a. マイクロホン

第 2 圖(a)の如き刻音波形は大體 1000 \sim 以上の高い周波數成分をもつて居る。これをそのまま普通のマイクロホンで捕えれば屋内の雑音も同時に捕えて波形變換の際雑音によつても衝撃波を生じ兩者の區別が出来難く測定不可能となる。東京大學高木昇教授及び内野氏は第 3 圖の如きマイクロホンを考案せられた。これはコンデンサーマイクロホンで、その電極は 0.2mm 程度の磷青銅板を使い、電極の一方の上へ供試時計を置き、更に上からスポンジゴム板を置きネジを廻してマイクロホンの電極間隔を調節する様になつて居る。ネジを廻せば次第に電極間隔は少なくなつて増幅器出力は大きくなり、更に廻せ

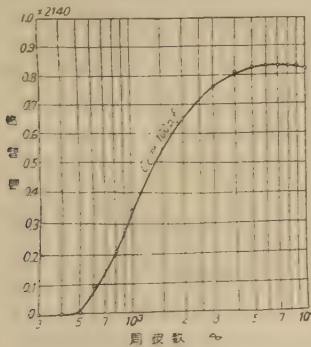


第 3 図 マイクロホン

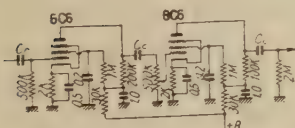
ば電極間に火花放電を生じ火花雑音が聞えるに至る。その寸前でネジを止めて置けば感度は最大に保たれ、木の箱及びスポンジゴムによつて音響遮蔽されて居るから雑音を捕える事なく好結果を得て居る。筆者もこれを借用したが刻音が少し大きい時計ならば後の増幅器の特性によつて外部雑音を切捨てる事が出来るので、普通の喉頭型カーボンマイクロホンをスポンジゴムの上に置く程度で充分使用する事が出来る。殊に置時計等大型の時計は上述のマイクロホンは使用出来ず専らカーボンマイクによつた。

b. 増幅器及び波形変換回路

増幅器は6C6抵抗結合3段である。実際に管絃樂等のエネルギー分布の平均を分析すると約400 \sim 附近に最大点があり、周波数の高い所ではエネルギーは少いから結合蓄電器には100 \sim 50PF程度の小さな容量のものをに入れて1000 \sim 以下を切捨て、これによつて外部雑音を殆んど除く事が出来た。増幅器の特性を第4図に示す。



第 4 図 (a) 増幅器特性



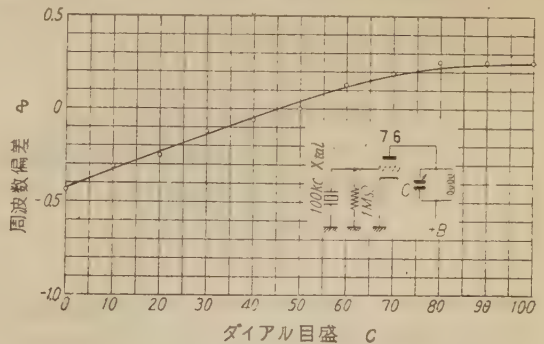
第 4 図 (b)

増幅器の出力波形は一般に複雑であつて測定に不便であるから時計音の立上り点に於て単一衝撃波に変換する。 V_4 は6G6で、これで波形変換を行うもので、陰極

抵抗 $R_{18}(1M\Omega)C_{16}(0.5\mu F)$ は時定数最大0.5秒であり、陽極回路 $R_{19}(500K\Omega)C_{17}(0.5\mu F)$ は時定数0.25秒である。今刻音が格子に加はつて放電したとすれば、放電電流は C_{16} を充電し、 R_{18} 、 C_{16} の大なる時定数により格子は暫く充分負に保たれ、同時に C_{17} の電荷は放電して陽極は殆んど陰極と等電位となり放電は止み、以後陰極及び陽極回路の大なる時定数によつて刻音波形の立上り点以後の波形に對しては V_4 は何等動作しない。その間に C_{17} は電源によつて次第に充電されて陽極電位は上り、陰極の電位は R_{18} を通じての放電によつて次第に下り、次の刻音が来た場合再び放電し、この動作を繰返す事により陽極側には鋸齒状波が得られる。時計音は後述する如く、チクタクチクタク…の繰返しとすれば、チクと次のチク間は常に2/5秒でもチクタク及びタクトチク間は必ずしも1/5秒にはなつて居ない様で、或程度不規則で、例えばチクタク間隔が $(1/5 + 3/100)$ 秒、タクトチク間隔は $(1/5 - 3/100)$ 秒となつて居るものもある。この3/100秒のふらつきは、ブラウン管に加えた場合、横軸を10 \sim の完全な鋸齒状波とすれば、横軸全長の3/100。目盛の3目盛分のふらつきとなり観測に不便であるので、刻音を1つおきに捕える事が出来る様 R_{19} 、 C_{16} の時定数を最大0.5秒迄とし可變にしてある。 C_{18} 、 R_{20} により上記鋸齒状波を微分し、得られた負側衝撃波が刻音立上り点に當るのでこれを増幅し、且正の衝撃波を切取る爲 V_5 を入れてある。 V_5 の陽極側では衝撃波を観測しやすい様適當に尾を引かせる目的で R_{21} 、 C_{19} なる積分回路を入れてある。

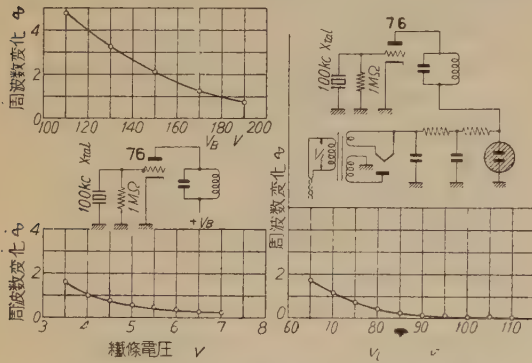
c. 標準發振器

原理の項に於て述べた如く V_6 が10(Kc)水晶發振器でbuffer V_7 を入れてある。水晶發振器の温度係数は、 $10^{-5}/^{\circ}C$ で標準電波で較正出来る様にしておけば充分精度を上げる事が出来るが、現在の時計では標準電波を問題にする必要はなく、放送電波でも 10^{-5} の精度を有する



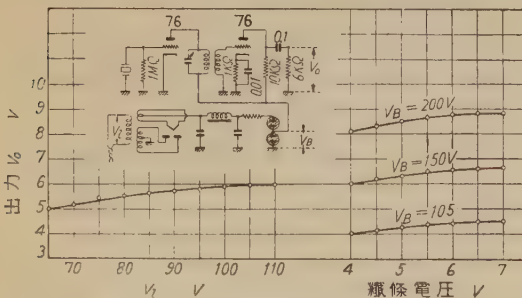
第 5 図 發振器の發振周波数の變化

から 1日 1秒程度の狂いのものは放送電波で較正して
 おいて差支えない。従つて後につく電氣時計もこの程度
 の精度を有するもので、精度を上げるには零温度係数の
 ものを使用しなければならないが必要がないので省略し
 た。發振器は普通の pierce 回路で、陽極同調回路の蓄電
 器 C_{21} の變化による發振周波數の變化は第 5 圖の如くで
 C_{21} を全範圍變えても 10^{-3} の變化は無く、従つて 1日 1秒
 以内の誤差に止まつて居る。電源電壓による周波數變動
 を第 6 圖に示す。綜合特性として eliminator 式電源の



第 6 圖 電源電壓による周波數の變動

變壓器一次電壓を 70 から 110V 迄變化させて周波數變動
 は時計に直して 1日 1秒の狂い以内に止まつて居る。發
 振器の出力を同期信號として V_8 以下で分周するのであ
 るから、同期の安定を期する爲には電源電壓の變化によ
 る發振出力電壓の變動を少くしておかなくてはならない。
 V_7 の出力の電源電壓による變動を第 7 圖に示す。電源



第 7 圖 V_7 出力電壓の電源電壓による變動

一次側の線路電壓 65~110V の變動に對して出力電壓は
 5~6V の間に保たれ、此の範圍の變動で次段 V_8 なる
 blocking oscillator の同期が外れる事はない。

d. 分 周

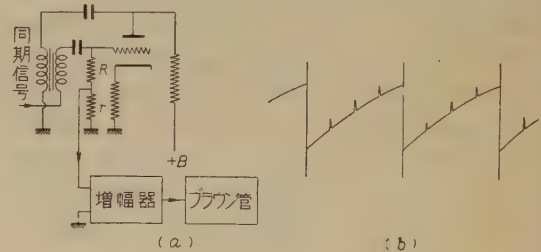
分周器は最も不安定な原因であり、一度同期が外れれ
 ば調整が面倒である。茲では次の方針に従つて安定化を
 期した。

I. 分周比を 5:1 以下に止める。

II. 長年月中に特性の變化するおそれのあるものを
 出来る限り避けること。従つて真空管は 1 個の回
 路を選び、且故障の比較的少い 76 を選んだ。

III. 同期が外れた場合直ちに調整出来る如く回路を
 考慮して置く。

以上の理由から全段 blocking oscillator を用い、100Kc
 \rightarrow 10Kc 以外は總て分周比を 5:1 以内として居る。 R_{34} ,
 R_{38} , $R_{44}+R_{45}$, R_{49} , $R_{56}+R_{57}$ 等は總て第 8 圖 (a) に示

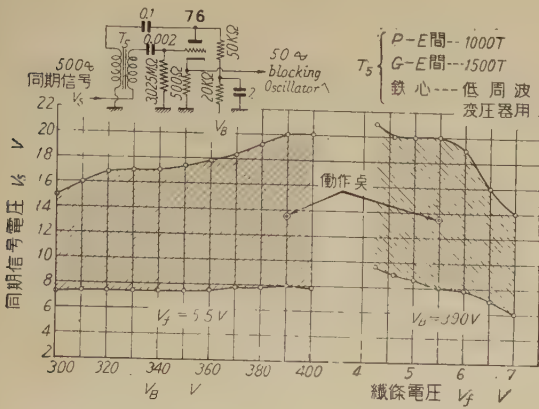


第 8 圖

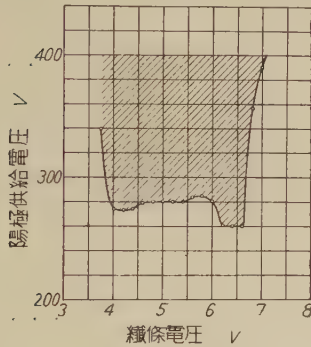
す如く高抵抗 R に直列に低抵抗 r を入れ、 $R+r$ の抵抗値
 に殆んど變化を与えない様 r の端子電壓を増幅してブラ
 ウン管で見れば同圖 (b) の如く blocking oscillator の
 波形に同期信號が重疊して分周比を直ちに知る事が出来
 る。

1C(Kc \rightarrow 10Kc) の分周器のみが 10:1 になつてい
 るのは次の理由による。1C(Kc を再生付放送受信機にアン
 テナ入力と同時に加え、再生を強くすれば、放送周波數
 は必ず 10Kc の整數倍になつて居るから 1C(Kc の高調波
 と放送電波は零ビートを生じ、高聲器で聞き分ける事が
 出来る。若し同期が外れるか、分周比が變つて居る場合
 には零ビートがとれないから(分周比が 5:1 又は 20:1 にな
 れば零ビートはとれるが、それ程大きく變化する事は先
 づない) 直ちに知る事が出来、 R_{27} を調節して 10:1 に保
 つ事が出来る。各 blocking oscillator の陰極には低抵
 抗 R_{29} , R_{35} , R_{39} , R_{46} , R_{56} を入れてある。これは blo
 cking oscillator では陽極電流は衝撃波であり、従つて
 陰極に入れた上記抵抗の端子電壓は正の衝撃波であつて
 直ちに次段の同期信號として使ふ爲である。 V_{11} に於て
 は此の正の 100 \sim の衝撃波を目盛にも使用し、 V_{19} で増
 幅してブラウン管の縦軸に加えて居る。 V_{12} , V_{13} では
 blocking oscillator と共に鋸齒狀波を得、 V_{17} では 10 \sim
 の鋸齒狀波を増幅してブラウン管の横軸に、 V_{12} では 50
 \sim の鋸齒狀波でこれを取り出し、 V_{17} , V_{18} で増幅して電
 氣時計を廻して居る。 T_1 , $T_2 \cdots T_6$ は總て低周波變壓器
 の鐵心を利用し、巻回數は cut and try によつて求めた

blocking oscillatorの分周範圍の一例を第9圖に、又水晶發振器より10%迄の綜合分周特性を第10圖に示す。圖の



第 9 圖 Oscillator の分周範圍



第 10 圖 綜合分周特性

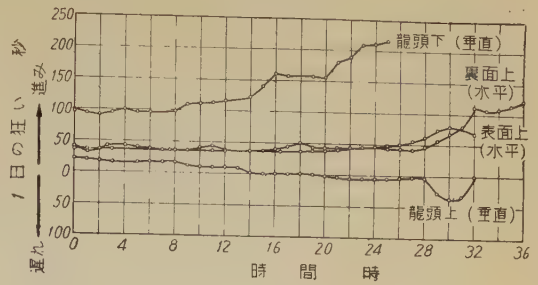
斜線部分がどの分周器も分周比が變つたり同期が外れたりする事なく 100Kc \rightarrow 10 ∞ の分周を行へる 電源電壓の範圍である。

e. 放送受信機

再生のよくきく普通の受信機で、これで 100Kc → 10Kc の分周を check し、又 100Kc 水晶發振器の周波数を較正する。精度を要する場合には 4 Mc. の標準電波を利用する事も出来る。

4. ブラウン管式による試験結果

この装置を利用して測定した結果の一例を第11圖に示す。供試時計は約20年間使用して居る movado の懐中時計で、測定開始直前にゼンマイを巻き、止まる迄1時間毎に測定してもので、姿勢差による差は甚だしく、垂直にして龍頭を上にするれば遅れるものが垂直龍頭下にする進む時計にもなり、同一姿勢でも巻き始めからの時間によつて歩度は異り大體6~8時間の周期をもつて居る

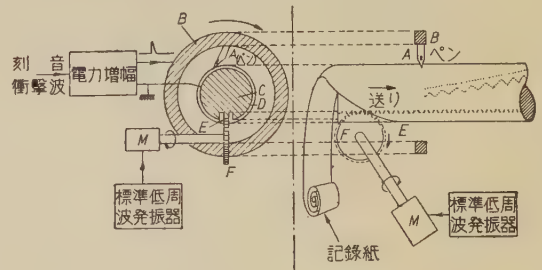


第 II 圖 試驗結果の一例

ことが見られ、更に停止直前には一般的に歩度は速くなるものの様である。

5. 自動記錄式步度測定裝置

上述ブラウン管式では第11圖の如き試験するには、1姿勢に就き1日以上、4姿勢では6日以上を要し、その間1時間毎に測定しなければならず、多大の勞力を要し不便である。然も1回のみの測定で日差を推定する事は第11圖の示す如く無意味な事であり、諸外國に於ても既に自動記録式が實用されて居る現状に鑑み^{1), 9)}、筆者は日本電氣製模寫電送裝置を借用して自動記録の實驗を試みた。實驗の方法は第12圖に示す如く第1圖(b)のV₅の出力を42度電力増幅してペンAに加える。ペンは圖示の如く定速度で回轉する金屬環Bに固定されて居て金屬圓柱C上に巻かれた記録紙D上を刷つて回轉する。圓柱Cには記録紙を巻き定速度の送りをかけ、この送りとペ



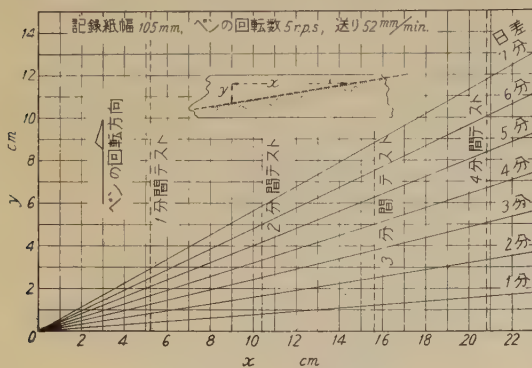
第 12 圖 步度自動記錄裝置

ソの回転は標準低周波發振器によつて驅動された電動機 Mによつて居る。記録紙は模寫電送用のもので、ペンに電壓が加われれば放電して黒くなる。裝置の規格は

| | |
|--------|-------------|
| 記録紙幅 | 105mm |
| ペンの回転数 | 5r. p. s. |
| 送り | 52mm/min |
| 圓柱Dの直径 | 32mm |
| 送り | 1mm毎の走査線数 4 |

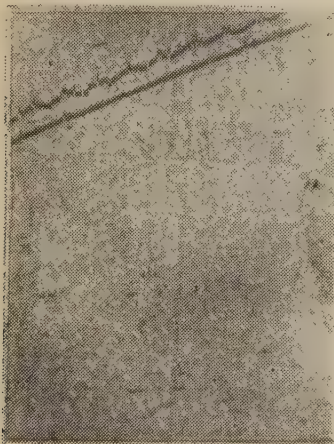
で、ペンの 1 回転毎に一つの刻音が記録される故正確

な時計ならば dot は記録紙の端に平行であり、狂つて居れば斜になるからその傾斜で歩度を知る事が出来る。第13圖に傾斜と日差の關係を示し、1日1分狂う時計では



第 13 圖 日差と傾斜

1分間試験で dot は 4.18mm 送り方向に對して直角に變位する。記録例を第14圖に示す。供試時計は第11圖と同



第 14 圖 歩度記録例

じもので、圖を見れば dot は 2 列に並んで居り、下側の列は直線狀であるが、上側の列は不規則である。これは前述 3. b. 増幅器及び波形變換回路の項に於て述べた如くチクータク、タクーチクの間隔は正しく 1/5 秒にはなつて居らず、チクータク間隔のみが 2/5 秒になつて居る事を示すものである。

6. 測定の誤差

誤差の原因には次の場合が考えられる。

- I. 標準發振器の周波数の狂い
- II. 讀取誤差

I の場合は供試時計の日差を t (秒)、發振周波数の精

度を $a \left(= \frac{df}{f_0} \right)$ とすれば、 a を日差に換算すれば

$86400 \cdot a \text{ sec/day}$ となるから誤差 E_2 は

$$E_1 = 86400 \cdot \frac{a}{t} \dots\dots\dots (2)$$

となり、標準發振器は放送電波或は標準電波と零ビートをとつて居るからこの精度を a とすればよい。例えば放送電波の精度を $1/86400 (\div 10^{-5})$ とすれば日差 1 秒の時計ならば 100%，1 分の時計ならば約 1.5% の誤差となる。従つて 1 日 1 秒程度の時計を試験する場合は標準電波 (3×10^{-7} の精度) によらねばならないが、普通の時計では 1 日 5 秒程度の日差ならば充分であらうから放送電波でも 20% 程度以内にする事が出来る。

II. による誤差は試験時間の測定、記録紙上の長さの測定は全く正確なものと假定して刻音衝撃波の位置の讀取りの誤差のみがその原因となり得る。今ブラウン管の横軸が完全に直線的に偏向して居るものと假定し、測定時間中の衝撃波の移動した長さを L 、讀取誤差を l (長さ) とすればこれによる誤差 E_2 は

$$E_2 = \frac{l}{L} \dots\dots\dots (3)$$

となる。 L は測定時間が長い程大となるから誤差を少くするには測定時間を増せばよい。

L は又測定時間を τ (秒)、横軸の周波数を $F \sim$ 、横軸の長さを d とすれば

$$L = \frac{t \cdot \tau \cdot d \cdot F}{86400} \text{ であるから}$$

$$E_2 = \frac{86400 \cdot l}{t \cdot \tau \cdot d \cdot F} \dots\dots\dots (4)$$

l は刻音のふらつきによつて決まり、筆者の實驗では 1 つおきにチクータク音のみをとつて 10cm の横軸で 5mm 程度のものが最大で、觀測の度に決定するのが適當である。

全誤差 E は (2) と (4) の和で

$$E = \frac{86400}{t} \left(a + \frac{l}{\tau \cdot d \cdot F} \right) \dots\dots\dots (5)$$

記録式の場合は F をペンの回転數、 d を記録紙の幅とすればよい。

上式により日差 1 秒の時計を 10 分間觀測、讀取誤差 1 mm、 $F = 10 \sim$ 、 $d = 10$ (mm) とし、標準電波で較正すれば約 17% の誤差があり、日差 60 秒の時計を 1 分間觀測し他は同じであれば 2.8% の誤差である。記録式では dot は静止して居る故讀取誤差は少く、 l を 1mm 以内に保つ事は容易である。

7. 結 言

時計歩度較正装置中ブラウン管を使用した方式及び自動記録式に就て報告した。觀測の容易さ、正確さ、勞力の節減から云つて自動記録式の方が遙に優れて居ると思

はれ大量生産が望まれるが、これには簡單且安全な低周波發振器を必要とする。米國では既に音叉を使用した自動記録式が多量に賣出されて居る様であり、我國に於ても工場及び研究所、更に時計業者にも普及して來る事が望ましく、その爲には安定な音叉及びその發振器の研究が必要と思はれる。

本研究は文部省科學研究費により行はれたものである。

終に臨み終始御指導下さつた高木先生、三宅先生及び實驗に數々の便宜を計らつて頂い日本電氣株式會社多田正信氏、精工舎窪田庄十郎氏に深甚の謝意を表する次第である。

- 1) フリール(岡, 松下, 吉本, 鈴木共譯)「機械量の電氣的計測」251頁, 1940年

- 2) 内野俊治: 卒業論文(東大第二工學部) 昭和21年9月
高木・内野: 時計校正裝置, 電氣三學會東京支部連合講演會, 昭和21年11月
- 3) 高木・川西: 時計の電氣的歩度測定裝置, 電氣三學會東京支部連合常會, 昭和23年6月
- 4) 高木: 時計歩度の電氣的測定裝置, 生産研究(東大第二工學部, 生産技術研究所)第1卷, 第1號, 昭和24年10月, 11頁
- 5) 高木・尾上: 簡單な圓形掃引回路(電氣的歩度計指示部の改良) 生産研究, 第2卷, 第6號, 昭和25年6月, 283頁
- 6) 古賀・齋藤: 時計歩度の迅速なる測定, 時計資料.
- 7) 高木・内野・川西: 時計歩度の電氣的測定裝置, 電波日本, Vol. 49, No. 6., 1950年12月, 7~11頁
- 8) 前田・林: 「周波數變調」(修敎社)139頁, 昭和21年
- 9) 青木保: 「時計II」(資料社), 414~421頁, 昭和23年

ペントースの定量法について

(昭和26年5月10日受理)

工 藤 憲 資¹⁾ 玉 置 彌 榮²⁾

Analysis of Pentose

By Kensuke KUDO
Yasaka TAMAKI

In quantitative analysis of pentose by Tollen's method, we have found by experiment that many kinds of amino acids contained in the sample create little melanine, and accordingly the diminution of furfural produced in the process is nearly unnoticeable, and the quantitative analysis of pentose is scarcely affected by the presence of amino-acids with a few exceptions. When precipitate of furfuralphloroglucid (F.) from pentose or pentosan is washed by acetone or alcohol, a small amount of it is soluble in these solvents, but the soluble part is not always proportional to the amount of the sample, and considerable part of oxymethylfurfuralphloroglucid (O. M. F.) is soluble in acetone. Therefore, strictly speaking, it is not correct to think that the soluble part of acetone is methylfurfuralphloroglucid (M. F.) and that of hot alcohol is composed of O. M. F. and M. F. And so separation of F., M. F. and O. M. F. by solvents is unsuitable for analysis. In analysis of pentose and pentosan it is undesirable to analysis the small quantity of sample by the macro method. When the quantity of the sample is very small, the authors obtained a constant result by the method of distilling the sample in $\frac{1}{10}$ amount of HCl used in the macro method for 2 hrs., and filtering the precipitate with micro glass filter G 4. In the following Table 3 the relation of the quantity of pentose to that of precipitate is given.

1. トレンス氏法ペントース定量法 に於けるアミノ酸の影響

緒 言 蛋白質を加水分解する場合、ペントザンが共存した場合多量のフミンを生成し、特にトリプトファン、チロシン、シスチン、リジン等のアミノ酸が大いに関係するものであるが、ペントース定量時に於てこれらア

ミノ酸が存在した場合如何なる影響があるかを検する目的を以て本実験を行った。

實 験 dキシロース、lアラビノース0.1gに各種アミノ酸0.05g、0.1g、0.5gを加えてトレンス氏法でペントースを定量した。

フロログルシン添加量については色々示されているが豫想するフルフロール量の2倍強加えた。

第 1 表

| アミノ酸添加量 | dキシロース | | | lアラビノース | | |
|------------|--------|-------|-------|---------|--------|--------|
| | 0.05g | 0.1g | 0.0g | 0.05g | 0.1g | 0.5g |
| 鹽酸ヒスチジン | —% | 99.8% | 99.9% | — | 100.2% | 100.1% |
| lチロシン | — | 99.6 | 99.3 | — | 99.6 | 99.2 |
| lシスチン | — | 99.1 | 99.7 | — | 99.1 | 99.1 |
| lロイシン | — | 99.8 | 99.8 | — | 100.3 | 99.7 |
| lシステイン | 81.1 | 67.6 | 26.1 | 79.7 | 64.3 | 25.1 |
| dlアラニン | — | 99.7 | 99.5 | — | 99.7 | 99.7 |
| 鹽酸リジン | — | 99.0 | 98.5 | — | 99.9 | 99.6 |
| dグルタミン酸ソーダ | — | 99.7 | 100.1 | — | 100.0 | 100.2 |
| グリコロール | — | 99.6 | 99.6 | — | 99.9 | 100.1 |
| lアスパラギン酸 | — | 99.9 | 99.9 | — | 99.8 | 99.6 |
| タウリン | — | 100.0 | 99.4 | — | 99.9 | 99.9 |
| lトリプトファン | 98.0 | 97.1 | — | 97.8 | 96.3 | — |
| dメチオニン | — | 100.2 | — | — | 99.8 | — |
| lアルギニン | — | 99.8 | — | — | 99.7 | — |

1) 工業化学科教授 2) 工業化学科

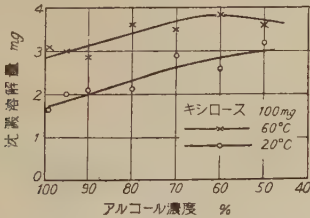
3) R. A. Gaitrec. J.A.C.S. 37 (1915) 1915~1923. 化学実験学2部 11. 481

蒸溜残渣は淡黄色なるも、システイン、トリプトファンは濃黒褐色を呈した影響はシステインに於て顕著にトリプトファンに於てやや認められたが、他のアミノ酸は僅少であつた(實驗誤差キシロース±0.5% アラビノース±0.7%)。

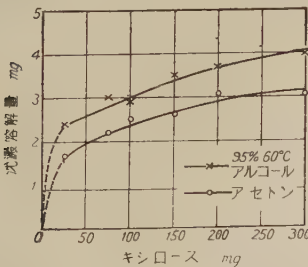
2. オキシメチルフフルールの影響及びペントザン、メチルペントザン分離定量法に関する考察

緒言 ペントース定量法に於てヘキソザンより来るオキシメチルフフルールの影響、及びペントース、メチルペントースの分離定量法の精度を検討する目的を以て本實驗を行つた。

實驗 純キシロースより得られたフロログルシッドの沈澱をアセトン及び種々濃度エチルアルコールで處理した結果常に沈澱の一部が溶解することを認め然も溶解量はキシロースの量に比例しないことを認めた。又エチルアルコールは濃度大なときフロログルシッド沈澱の溶解量が小であつた。



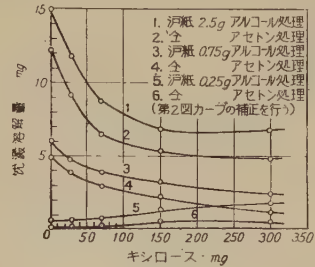
第1圖 アルコール濃度と沈澱溶解量の関係



第2圖 キシロースの量と沈澱溶解量の関係

次に濾紙を混じて本實驗を行つた結果、セルロースより来る沈澱は試料 2.5 g の時對試料 0.924 % (内 66.2 % が 60°C 95 % アルコールに可溶、53.2 % がアセトン可溶) で、オキシメチルフフルールからの沈澱も一部アセトンに可溶で、又フルフルールが存在する場合、フルフルールフロログルシッドの沈澱中に包含せられて一

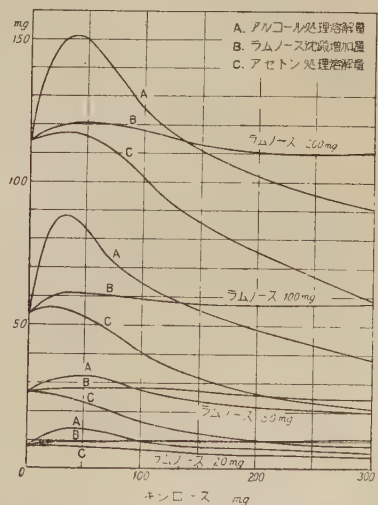
部不溶となる。依つてオキシメチルフフルールの定量値は小となる。



第3圖 セルロースの存在による沈澱溶解量の變化

圖に於てカーブの降下はフルフルールの存在により不溶となつたオキシメチルフフルールの沈澱を示し、上昇はオキシメチルフフルールの存在により、フルフルールの沈澱が溶出する部分を示す。

次にラムノースキシロース混合物について本實驗を行つた結果アセトンはラムノースが大量存在する場合を除き常にメチルフフルールフロログルシッドの沈澱の全部を溶解せず、ラムノースの分析値は小となり、キシロースの分析値は大となる。又 95 % 60°C 温アルコールはラムノースが大量存在する場合フルフルールフロログルシッドの沈澱の相当量を溶解し、ラムノースが少量となるに従ひ溶解量は小となり、前者の如く可溶部が不溶の形で残留する。依つて溶剤處理法による従来の分離定量法即ちアセトン可溶部をオキシメチルフフルール、95 % 60°C 温アルコール可溶部をメチルペントースとす



第4圖 ラムノース存在による沈澱溶解量の變化

るの三成分の分離定量法は出来ない。たゞペントース 0.1~0.3g の間に於てメチルペントースが少量なる場合沈澱溶解量によりメチルペントースの大略の含量を推定出来るに過ぎない。

3. 重量法による少量試料ペントザン定量法に就いて

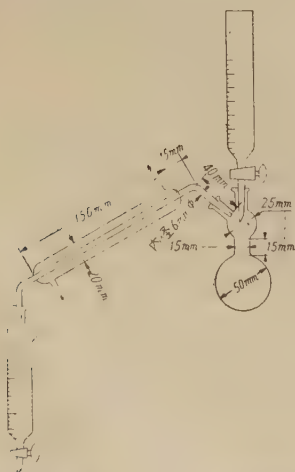
緒言 従来のトレンス氏法ペントザン定量法は多量の溜液洗液を要し、溜液中に來るフロログルシッドの量が温度操作等により一定せず、又フィルターの毎回の秤量誤差を 0.1mg とする事が困難で、ペントース 0.03g 以下の場合、これらの原因による誤差が相當に現れ、又装置が大形で多種類試料を分析する場合、高價な試薬を多量に消費する缺點がある。

従来の法をセミマイクロ程度の規模で試験する目的を以て本実験を行つた。

實驗 第5圖の如き蒸溜器を用い、新鮮鯨油々浴上でキシロース 10.01mg, 12% 鹽酸を加え、3cc溜液を得る度に 3cc ずつ鹽酸を添加し溜液 36cc を得て油浴の適温を求め(時々小沸石を活栓を通じて流入させ、蒸溜を均一にする) 165~170°C を得た。

第 2 表

| 浴 温 度 | 3cc 溜出時間 | 沈 澱 量 |
|-------|----------|--------|
| 160°C | 15min | 11.0mg |
| 165 | 12 | 11.1 |
| 170 | 11 | 11.1 |
| 180 | 5 | 11.2 |



第5圖 少量ペントザン定量装置

次に 80~100 メツシのペントザン含有試料を十分過剰に採り 12% 鹽酸で蒸留し、醋酸アエリン反應でフルフロール溜出の終點を求め、36cc で十分であることを知つた。

| | | |
|--------|------|------|
| や な ぎ | 6.5g | 36cc |
| つ ば き | 0.25 | 26 |
| アラビヤゴム | 0.1 | 36 |
| 稻葉キシラン | 0.1 | 36 |

次にミクログラスフィルター G4 に沈澱 35mg を捕集し、98~100°C で乾燥し、乾燥時間は 2.5 hr で十分であることを知つた。

依つて、實驗操作は試料適量をフラスコに採り、12% 鹽酸 10cc を加へ蒸留し、溜液 3cc を得る度に鹽酸 3cc を添加し、36cc 溜出せしむ。次に 鹽酸 フロログルシン (11g/12% HCl 1500 cc) をキシロース 10mg に對し約 1.5 cc の割に加え、24 hr 室温に放置後、ミクログラスフィルター G4 で沈澱を捕集、15cc の蒸溜水で洗滌し、98~100°C で 2.5 hr 乾燥後秤量し、沈澱量とペントース、ペントザン(ペントース量 \times 0.88とす)の量的關係を求め、

次に蒸溜装置によりフルフロール生成量の相違による誤差を求める爲、球部徑5cm頸徑1.5cm 枝の高さ3.5cm の枝付フラスコによりアラビノース、キシロースについて實驗を行いたるに 30mg に於て夫々 8.8% 3.1%, 15mg に於て 4.4% 1.5% 小なる値を得、マクロ法に於て京大式ペントザン定量器、500cc 枝付フラスコの差、アラビノース、キシロース 300mg に於て夫々 7.3% 3.1%, 150mg に於て 4.0% 1.4% よりやや大なる値を得た。

セミマイクロ程度の装置を用うる場合、マクロ法と同じく蒸溜條件を一定すればペントース、ペントザンの定量を行ひ得ることを知つた。終りに本研究に協力下さつた山根晃次郎、刺賀文太君に厚く感謝する。

第 3 表

| 沈 澱 mg | キシ ロース | 沈 澱 | アラビ ノース | 沈 澱 | キシ ロース | アラビ ノース | ペン トース |
|-----------|-----------|--------|------------|--------|-----------|------------|-----------|
| 2 | 0.96 | | 1.23 | | 1.91 | 2.45 | 2.18 |
| 4 | 0.94 | | 1.19 | | 3.76 | 4.76 | 4.26 |
| 6 | 0.93 | | 1.16 | | 5.58 | 6.96 | 6.27 |
| 8 | 0.92 | | 1.14 | | 7.36 | 9.13 | 8.25 |
| 10 | 0.913 | | 1.129 | | 9.13 | 11.29 | 10.21 |
| 12 | 0.904 | | 1.117 | | 10.87 | 13.40 | 12.14 |
| 14 | 0.902 | | 1.117 | | 12.63 | 15.63 | 14.13 |
| 16 | 0.896 | | 1.109 | | 14.35 | 17.74 | 16.10 |
| 18 | 0.896 | | 1.103 | | 16.14 | 19.86 | 18.00 |
| 20 | 0.896 | | 1.102 | | 17.93 | 22.04 | 19.99 |
| 22 | 0.896 | | 1.096 | | 19.71 | 24.11 | 21.91 |
| 24 | 0.896 | | 1.096 | | 21.53 | 26.31 | 23.92 |
| 26 | 0.896 | | 1.095 | | 23.31 | 28.50 | 25.91 |
| 28 | 0.897 | | 1.097 | | 25.13 | 30.78 | 27.96 |
| 30 | 0.897 | | 1.100 | | 26.96 | 33.00 | 29.98 |
| 32 | 0.898 | | 1.100 | | 28.77 | 35.20 | 31.98 |

硫酸紙中に含まれる鉛の分光分析に就いて

(第 1 報)

(1951 年 5 月 16 日受理)

池 村 糺¹⁾ 尾 高 陽 一²⁾

On the Spectroscopic Analysis of Lead Contained in the Parchment Papers

By Tadashi IKEMURA

Yoichi ODAKA

If the commercial sulphuric acid which is the principal raw material in the manufacture of parchment paper, and the apparatus material which comes in contact with it in the course of the manufacturing process contain impurities of metals, it is possible that the trace of impurities are transferred into the parchment paper. Presence of lead in the parchment paper used for wrapping paper such as that for butter must be avoided, and it seems be related to hygienic problems.

Aiming at this fact, we have made microscopic tests of all the metals, especially lead, investigated the various materials and commercial parchment papers used by several makers, using the rock crystal spectroscope (shimazu QF 60 type).

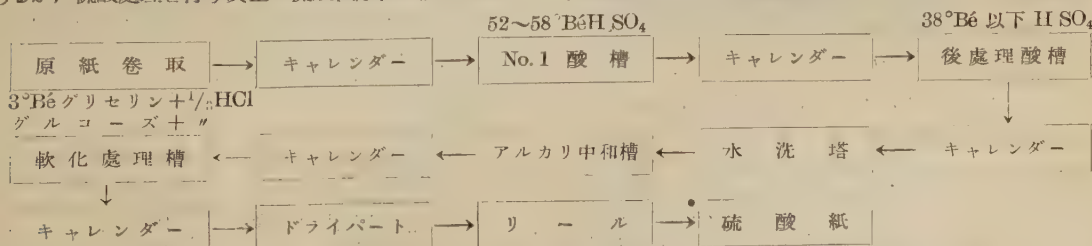
As the result, lead was detected in samples of all the parchment papers. The sulphuric acids used in the parchment paper industry are mostly 66 Bé catalytic sulphuric acid, and in the raw material used before the treatment lead is not contained. Therefore, lead transferred into parchment paper comes most probably from the catalytic H_2SO_4 .

1. 緒 言

普通の抄紙機で、一度抄造された原紙に特殊加工を施し、もとの原紙とは實質的に異なる製品を製造する場合がある。これを變性又は變質加工紙と稱するが、硫酸紙もこれに屬する。昔動物の皮革より製したパーチメントが記録の目的に使用されたが、硫酸紙の外観がこれに類似する處からパーチメント紙とも呼ばれている。主に耐脂耐水を要するバターや煙草の包装、製圖用のトレーシングペーパー等に利用される。原紙用原料としては高級品の場合は綿リントー、普通品以下では晒サルファイトパルプ(50~70%)、クラフトパルプ(50~30%)を使用する。ロジンサイズ、澱粉サイズ等を添加した疑硫酸紙もあるが、硫酸処理を行う真正の硫酸紙原紙に於ては無サ

イズ、吸水度及び乾燥の均一が要求されている。原紙を硫酸で処理する場合紙質中のセルローズを或程度加水分解して膠質化する關係上、尺坪で 1~5% 増大し紙幅で 8~10% 收縮するのが特徴である。一例を上げて處理工程を簡略に圖解すれば下圖の通りである。

この間に使用される装置には鉛を用うる箇所が多く、特に約 25°Bé の廢酸を鉛製の釜で 45°Bé に濃縮後 66°Bé の新酸で調節使用する場合がある。ドラヤーは銅、青銅、鑄鐵、ドクトルはガラス、プレスロール表面其他はハードラバーで作られている。處理に要する硫酸の量は成紙 1kg 當り 66°Bé 硫酸で 0.5~1kg と云われる。主要原料である工業用硫酸及び硫酸紙の製造工程途上で接觸する装置用材中に不純金屬元素が存在すれば、この微量が製



1) 日本大學工學部工業化學科

2) 十條製紙 K. K. 十條工場原質課

品である硫酸紙中に移入される可能性は大きい。鉛の如き有毒金属の存在は、バター等の包装用としては避けられねばならず、衛生上の問題に關係するのではないかと考えられる。我々はこの事實に着目し、使用される諸原料及び數メーカーの市販硫酸紙に關し水晶分光器を用いてあらゆる金属元素、特に鉛の微量検出を行い何等かの解答を得んと試みた。硫酸に關しては日産化學工業K.K. 王子工場硫酸課鎌倉宏氏の御好意で接觸硫酸並に鉛室硫酸の試料を得た。ここに深く謝意を表する。尙前者は酸化ヴァナヂウム V_2O_5 を觸媒とし製造工程中鉛に接する部分は少い。後者は硝酸式とも呼ばれ工程中硝酸を補給し製品となる前に脱硝する。3 基の鉛室を始めとし工程の大部分で鉛に接觸する。

筆者は硫酸紙製造の経験なく細部に關しては誤りをまぬかれないが諸賢の御教示を得れば幸である。

2. 分光分析装置

實驗に使用した装置は島津 QF-60 型水晶分光器である。

(A) 發光用装置

- (1) 交流電源より水銀整流器を経て直流とした。
- (2) 電極支持臺

(B) 分光寫眞機と集光レンズ

- (1) 水晶分光寫眞器 QF-60型
- (2) 水晶集光レンズ $f=80\text{mm}$, $\phi=40\text{mm}$
- (3) 水晶集光レンズ $f=160\text{mm}$, $\phi=15\text{mm}$ (中間絞を有す)
- (4) 水晶集光レンズ $f=220\text{mm}$, $\phi=15\text{mm}$ (スリット直前に取付け)

(C) スペクトル線検定器

- (1) 分光寫眞投影器
- (2) 擴大鏡

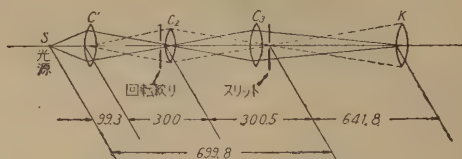
3. 試料の調製

分析した試料は次の通りである。

- (1) 硫酸紙 (一流メーカー) 11種
- (2) 接觸硫酸 (98%66°Bé)²⁾
- (3) 鉛室硫酸 (50~55°Bé)²⁾
- (4) 晒サルファイトパルプ (18%晒)[十條, 釧路]
- (5) 晒粉 (旭化成延岡)
- (6) クラフトパルプ (カナダ産)

(1)(4)(6)は電氣爐で 600°C に 1 晝夜灼熱灰化後試料とし、(2)(3)はピペットにより電極に注入した。不純物の附着防止には萬全の處置を取つた。

4. スペクトル撮影法



- (1) 中間結像法 試料の火花間隙 S の像が、 $f=80\text{mm}$ の水晶レンズ C_1 により擴大され、回轉絞りに結像される。本實驗において使用した中間絞りは $5 \times 15\text{mm}$ である。絞り通過後スリット直前にある $f=220\text{mm}$ の C_3 により、分光寫眞器のコリメーターレンズ K 上に投影する。
- (2) 發光方法 水銀整流器よりの直流により試料の蒸氣を發光せしめた。電流、電壓、電極の形狀及び間隔は豫備實驗により適當な値をさだめ、實驗中は正確に一定條件を保つ様注意した。

電極の放電面は徑 8mm の圓形である。下方電極はドリルにより徑 1.5mm、深さ 3mm の孔をうがち電極の間隔は 2mm とした。スペクトル撮影操作時間は間隔放電條件、中間絞り、使用乾板の特性により異なる。本實驗に於いてはスリット前にハルトマンを使用、純鐵の孤光スペクトルに續いて試料、次に炭素のブラックを撮影した。

(3) 撮影條件

電極形狀：圓形、徑 3mm 電極間隔：2mm
一次電壓：150 ボルト 二次電壓：45 ボルト
電流：4 アンペア
集光レンズ：3 個使用 中間絞り： $5 \times 15\text{mm}$
スリットの開き：0.003mm
豫備放電：2 分
露出時間：鐵 2 秒 試料 20~30 秒
使用乾板 フジ・プロセス

(4) 寫眞操作

A. 現像 FD-31 現像液處方

蒸溜水 1000 cc, メタール：1 gr, 無水亜硫酸ソーダ：80 gr, ハイドロキノロン：8 gr, 無水炭酸ソーダ：24 gr, 臭素加里：4 gr
現像液溫 18°C, 時間 4 分

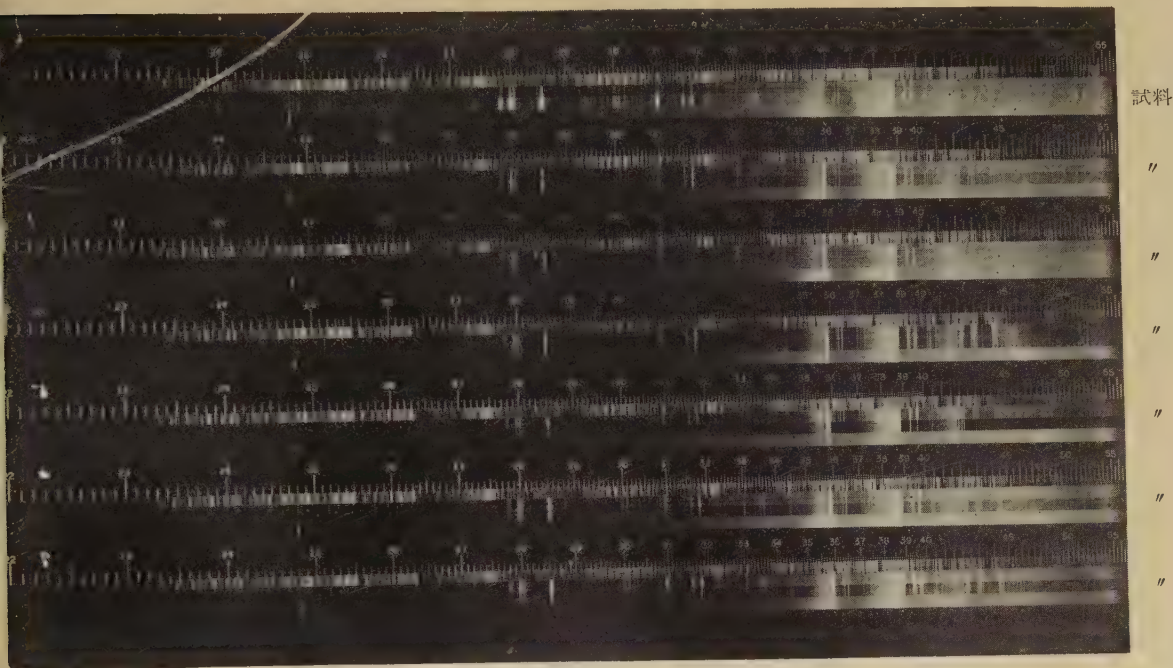
B. 定着 酸性硬膜定着液を使用。液溫 18°C, 定着時間 5 分, 1 時間水洗後風乾

定着液處方

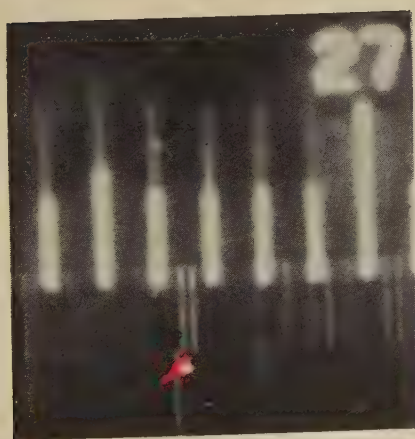
| | | |
|------|----------|-------|
| A 液： | 蒸溜水 | 800cc |
| | 無水硫酸ソーダ | 300gr |
| B 液： | 蒸溜水 | 200cc |
| | 無水亜硫酸ソーダ | 20gr |
| | 氷醋酸 | 20cc |
| | 粉末明礬 | 20gr |

²⁾ (2)~(6)は硫酸紙製造原料

第3圖 寫真撮影結果(I)



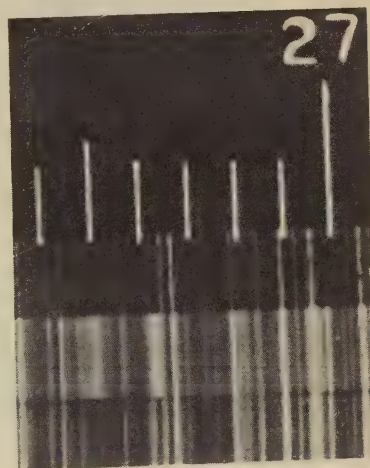
硫酸紙分光寫真



2663.2A°(Pb)

硫酸紙

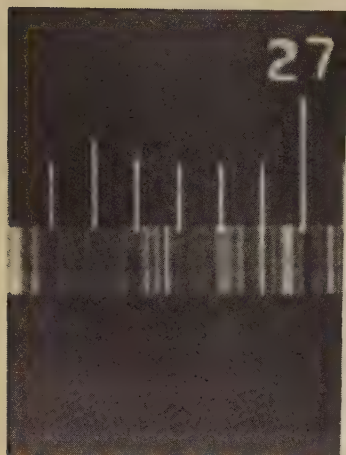
←鐵
←硫酸紙



2663.2A°(Pb)

←鐵
←接觸硫酸
←鉛室硫酸

第4圖 寫眞撮影結果(II)



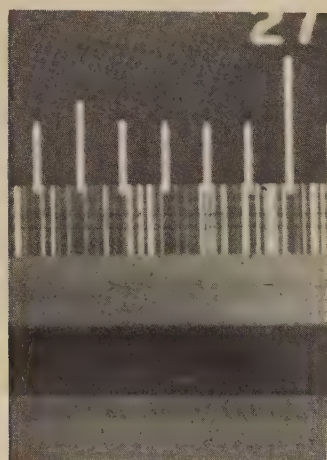
晒クラフトパルプ(18%晒)

Wave length 2663.2A° (Pb)無し



晒粉

2663.2A°(Pb)無し



クラフトパルプ(カナダ産)

2663.2A°(Pb)無し

5. 實驗結果

第1表 測定結果 → I (硫酸紙製造原料)

| 試料番號 | 含有が確認される金屬元素 | | | | | | | | | | 特に微量又は痕跡程度検出される金屬元素 |
|--------|------------------|----|----|--|--|----------------------|----|---|----|----|---------------------|
| | 各試料共通の 含有金屬元素 | | | | | 共 通 し な い 金 屬 元 素 | | | | | |
| No. 12 | Ca | Mg | Si | | | Al | Fe | / | / | / | Pb |
| 13 | " | " | " | | | Al | Fe | / | / | / | Pb |
| 14 | " | " | " | | | / | / | K | Na | / | |
| 15 | " | " | " | | | Al | Fe | K | Na | Ti | |
| 16 | " | " | " | | | Al | / | / | Na | / | |

(Co)

(Cu)

(Ni)

(Sr)

V

註 No. 12 接觸硫酸 (日産化學, 王子)

No. 13 鉛室硫酸 (")

No. 14 晒サルファイトパルプ(18%晒)[十條, 釧路]

No. 15 晒粉 (旭化成延岡)

No. 16 クラフトパルプ(カナダ産)

表中()印は痕跡程度検出

軟化剤其他に關する測定は第2報に於いて検討する。

No. 12, 13 を比較すればNo. 12に於てPbは顯著である。

第2表 測定結果 - II (市販硫酸紙)

| 試料番號 | 各試料共通の含有金屬元素 | | | | | | | | | | 共通しない微量検出金屬元素 | | | | | | | |
|-------|--------------|-------|----|----|----|---|----|----|----|--|---------------|----|----|----|----|----|---|--|
| | 鉛 | 鉛 以 外 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| No. 1 | Pb | Fe | Al | Ce | Mg | K | Si | Na | Ti | | Ba | Co | Cu | Ni | Sc | Sr | V | |
| 2 | " | " | " | " | " | " | " | " | " | | | Cr | Co | Ni | | Sr | V | |
| 3 | " | " | " | " | " | " | " | " | " | | | | Co | Cu | Ni | | | |
| 4 | " | " | " | " | " | " | " | " | " | | | Cr | Co | Ni | | Sr | | |
| 5 | " | " | " | " | " | " | " | " | " | | | | | | | | | |
| 6 | " | " | " | " | " | " | " | " | " | | | | | | | Sr | | |
| 7 | " | " | " | " | " | " | " | " | " | | | Cr | | Cu | Ni | | | |
| 8 | " | " | " | " | " | " | " | " | " | | | | | Cu | Ni | | | |
| 9 | " | " | " | " | " | " | " | " | " | | | | | Cu | Ni | | | |
| 10 | " | " | " | " | " | " | " | " | " | | | | | Cu | Ni | | | |
| 11 | " | " | " | " | " | " | " | " | " | | | | | Cu | Ni | | | |

6. 結 論

(1) 硫酸紙製造原料

1. 原紙關係

Ca, Mg, Si は共通。

Fe, Ti, は晒粉のみに存在し晒サルファイトパルプ中には Na, K を検出するのみで晒粉中の Al, Ti, Fe は移行しない。

カナダ産クラフトパルプ中には Al, Naを検出。原紙關係における Pb の存在は皆無である。

2. 硫酸處理關係

接觸及び鉛室硫酸の製造工程を比較すれば後者に於ける Pb の含有量は前者のそれよりも多く豫想される。然るに實驗結果によれば接觸硫酸中に多く認められる。

尙兩者共 Pb の他に Ca, Mg, Si, Al, Feを含有する。

(II) 市販硫酸紙

11種類の試料中 Pb は總てに含有され他金屬に比して多量含有されている事は略確實である。

Pb 以外の 共通含有元素は Fe, Al, Ca, Mg, K, Si, Na, Ti である。

硫酸紙工業に於いて利用される硫酸は 66°B'e の接觸硫酸であり, 50~55°B'e の鉛室硫酸は用いられる可能性が少い。

この見地から硫酸紙中に移行する Pb の大部分は接觸硫酸に起因するものである。

食品包裝用等に供する場合衛生上許容される Pb 含有量の範圍に就いては定量分析に譲る。本報に於いて未検討の事項は追つて第2報でのべる。

耐酸耐熱耐油性瀝青質材料の研究

(1951 年 6 月 15 日受理)

市 川 良 正¹⁾ 成 瀬 喬 一 郎²⁾

Research on an Acid-Proof, High-Temperature-Proof and Oil-Proof Bituminous Material

By Yoshimasa ICHIKAWA
Kyoichiro NARUSE

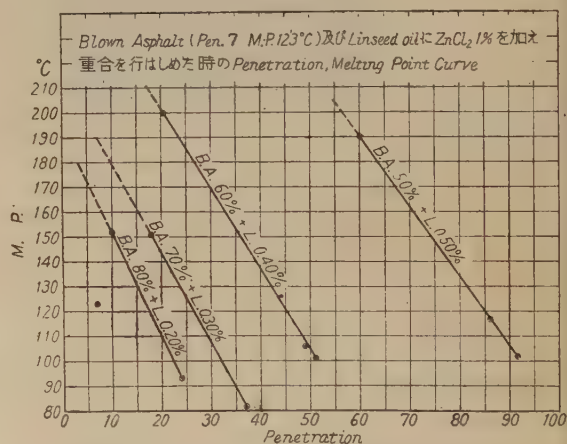
In order to increase high-temperature-resistance of blown asphalt, the authors studied the proportion of blown asphalt to linseed oil, heating time, polymerization temperature and the kinds of catalysts. The following Fig.1 shows curves of penetrations and melting points of the mixtures.

本問題に關する研究は 1928 年 Dr. M. Levy 氏がチューリッヒのドイツ聯邦材料研究所に於て、硬質アスファルトを以てする研究を發表して以來、ドイツに於ては化學工場並びに精鍊工場に於ける各種裝置を硬質アスファルト可塑物を以て實施し多大の効果を収めた。而して其後歐米各國に於ても研究が進められ漸次廣く實施せらるるに至つたが、1936 年のアメリカ鑛山局の發表せる所に依つても既に電解槽の 55% は鉛よりアスファルトに代えられて居る。わが邦に於ては筆者の一人市川が昭和 14 年以來本問題に就て研究し、昭和 17 年には日本鑛業株式會社鎮南浦精鍊所に又昭和 19 年には東邦亞鉛株式會社安工中場に、更に昭和 20 年には石原産業株式會社四日市工場に於て夫々亞鉛並びに銅の電解槽に大規模の實施研究を試みた。

而して其實施研究の經過より見て硬質ブローン・アスファルトの製造研究、並びにこれに配合する鑛物質フィラーの性質及びその量により耐酸性は勿論、耐熱性に於ても 70°C までは實用に供し得られることを確認した。然し更に一層高い温度に耐え得る耐酸耐熱性の瀝青質材料が得られるに至れば化學工業界に貢獻する所大なりと信じ本研究を續行して居る次第である。

25 年度に於ては其耐熱性を一層強化する目的を以て硬質ブローン・アスファルトに亞麻仁油を配合し、其配合割合、加熱時間、觸媒の種類等に付き研究を行つた。但し重合温度は 180~200°C であつて觸媒は各種の金屬鹽化物を使用した。

その結果は圖表に示した如く硬質ブローン・アスファ



第1圖 Blown Asphalt 及び Linseed oil に
ZnCl₂ 1% を加え重合せしめた時の
Penetration と Melting Point の關係

ルト及び亞麻仁油の配合割合により、ある程度自由に針入度及び熔融點を調節し得ることを確認した。即ち針入度 30~40 程度の柔らかさを有し、しかも 110°C 以上の高熔融點を有するものを得ることが出来る。従つてこれに適當の鑛物質フィラーを配合すれば 110°C 以上の耐熱性を必要とする場所にも充分使用可能である。換言すれば從來の研究では 70°C までを實用の限度と考えて居つた瀝青質耐酸材料も 110°C 位までは實用に供し得られることを認めた。(本研究は文部省科學研究費交付金に依る)。

¹⁾ 工學部工業化學科教授 ²⁾ 工學部工業化學科

金屬鹽水溶液の流電作用による 金屬表面の變遷に關する研究 (第 1 報)

(1951 年 5 月 10 日受理)

電流—浴電壓觀測による諸現象の考察

安 房 信 輝¹⁾

A Study of the Changes on Metal Surface Caused by Electrolysis in Metallic Salt Solutions (Report I)

Considerations on the phenomena produced by the
the electric current bath-voltage curve

By Nobuteru AWA

The author has developed his views in the following paper on the relations to the changes of the bath voltage determined by the A-V curve.

The circling of an electric current can be observed only when the electrolytes in aqueous form are electrolytically decomposed by the electrolysis of the solution because of the fact that the anode does not turn into a state of positive ion at all without losing its electrons automatically. When the anode is in an active condition to the environment of the solution, there is a phenomenon of the electric current circling caused by the ionization of the anode in accordance with the fact that the electrons on the surface of the metal, as an anode, are emitted by a source of electricity in the circle. If the experiment is carried further with the increasing of the bath voltage, the ionized atoms, which were moving towards the cathode, are making their appearance as metallic atoms on the cathode, influenced by the electric force of the cathode, into which, as a result, the positive ions were pulled. The source of electricity in this case plays an initial part in bringing about the increase of the potential energies of the anode.

In this report, a part of the experiments carried out with such electrodes as zinc, copper and nickel is mentioned, which leads to the general considerations on the systematical arguments for the changes of the bath-voltage coming from the situation in the metallic salt solution of passivation voltage in this case. The presence, in a passive form of those metals, is dependent upon each condition in the immediate circumstances involved. Generally speaking, the tendency is in evidence that the bath-voltage—when the increase of the concentration of the metallic salt solutions; the changes in the additional quantities of sulfuric acid; and the continuous determination for A-V curve with erosion of the electrodes in each metallic salt solution (which is in accordance with the changes on the surface of the anode in case of the electroplating operation) are all available,—indicates a falling curve, and it may well be said that the bath-voltage also increases when the temperature is increased.

The passivation voltage is, however, varied by the instant changes of the electrode which is affected by whether or not there are impure substances upon the surface of the metal as well as its uniformity, etc., and the effectiveness of the time to determine the values of the increase of the bath voltage cannot be neglected. The proper decision on the electric density is made according to such factors as the erosion situation or changing forms of the metal.

Thus, the various changes on the surface of active metals are deeply related to the bath-voltage. The rates appearing in steps give a great deal of influence to the states of brightness pinhole, exfoliation, hardness or fragility of the metals, which have appeared on the cathode.

It is desirable that the surface of the metals of the anode is in an active condition all the time during the general operation of electroplating, and the phenomenon of the electrolysis by electrolytes is not always necessary when the depositing quantities of the metal at the anode is equal to the depositing quantities

¹⁾ 日本大學工學部工業化學科教室 山本研究室

of the dissolved metal on the surface of the metal at the cathode.

Thus the author, who takes special interest in the control for the bath-voltage, has indicated his new views on the importance of the control in case of electroplating, and dealt with research to determine the passivation voltage and the decomposition voltage under the various circumstances

1. 緒 言

外部電源に依る金屬體の同種金屬鹽水溶液中に於ける流電作用によつて生ずるイオン化と析出に關する諸現象の探究は電鍍化學の根本問題にして學理的技術の兩面から興味があり、且金屬表面化學の上からも重要なものである。

即ち陽極が液の環境に對して活性狀態であれば金屬體表面の金屬原子は電子を電源によつて失なつてイオン化する。この場合陰極が電子をとり入れて金屬原子を析出するが、浴電壓の種々な變化に伴つて金屬鹽の電解及び陽極金屬の受動態化現象があつて、金屬の析出形狀、瓦斯氣泡の發生集結或いは量的變化等は様々に變化する。

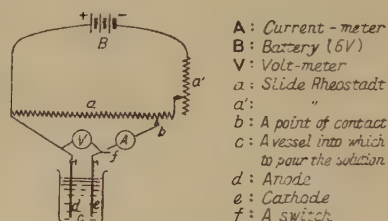
本報に於いては亜鉛・銅及びニッケルとその酸性金屬鹽水溶液に就いて電流-浴電壓の變化曲線を種々なる條件の下で系統的に測定し、特色ある部分を圖示してこれらの電氣化學的現象に對して考察し、更に電鍍操作上に於ける浴電壓管理の重要性に關する著者の見解を述べた。

金屬鹽を作はない單なる電解質水溶液による流電作用では一般的に陰極表面への析出物は主に瓦斯の形として發生し、活性狀態なる陽極金屬の多くは金屬原子或いは化合物として液中に停滯するようになる。しかしながら陽極活性金屬とその同種金屬鹽水溶液からなる電鍍液では析出金屬が必要であるから金屬析出を阻止するが如き瓦斯氣泡發生は所定の析出量を減少せしめて電鍍能力を減ずる。電鍍液は或る場合には酸化・還換作用・加水分解等により各々獨特な形態を有して様々に變化し、特に液の電氣分解・陽極活性金屬の表面變遷の諸現象は浴電壓に基づくものであるから、これらに對する基礎的理念の把握は電鍍化學の重大なる問題である。

著者はこれら諸現象の系統的なる測定と考察をなし、各々の實驗結果を道標として學理的に根據づける理論導出、反應機構の説明をなすことを本研究の目的とした。

2. 實驗方法

問題とする溶液に電流を通ずる場合に於ける浴電壓の變化の測定は、電解質水溶液の分解電壓を測定する装置と同様である。但し第1圖に示めす如く所定浴電壓を保持する爲摺動抵抗器と電源との間に更に摺動抵抗器を結



第1圖 裝置の結線圖

續せしめた。測定槽としては高さ 7.1cm 直径 5.1cm の容量と高さ 9.6 cm, 直径 8.2cm の容量の目盛付特製ビーカーを使用し前者をビーカー(1)後者をビーカー(2)とする。供試電極を平行且垂直に浸漬せしめ抵抗器(a)を持つて電流を通じ一定浴電壓迄高め直に低下せしめるのに4分, 3分とするを原則とし、全て漸進的に行つた。

| 供試金屬 | 圓柱狀金屬線 (直径) | 金 屬 板 | |
|------|----------------|-------|----------------|
| | | (厚サ) | (1) (2) 幅 幅 |
| Pt | 0.68 | — | — |
| Zn | 1.18 | 0.30 | 2 20 |
| Cu | 1.20 | 0.48 | 2 25 |
| Ni | 0.57 | 0.502 | 2 25 |

(單位 mm)

註; Fig. 2 の Fe 線の直径は 1mm; Fig. 4 の軟銅線の直径は 0.35mm;

金屬板は Zn-(1), Cu-(2) の如くかいて使用金屬板を示す

使用せる實驗器具

電壓計: (横河) MPc型 第 9110385 號

電流計: (横河) MPs型 第 9110368 號

摺動抵抗器: (島津) \begin{cases} 端子間電壓 & 82.90 \Omega \\ 端子許容電壓 & 3 \text{ A} \end{cases}

金屬鹽: (特級品) 硫酸: (sg. 1.84) 蒸溜水:

(pH 6.8) 蓄電池: (6V 48AH) 猶, 試驗體は長さ 10 cm に切斷せる純金屬にして實驗に先立つて研磨し充分なる前處理を施し、ベンゾール、メチルアルコール、次にエーテルにて洗滌し水洗した。

3. 實驗結果及び考察

電流-浴電壓變化を種々なる條件に基いて系統的に測定する事により、次の明白なる見解が得られた。

白金は表面の原子が自ら遊離する事なく陰イオン成分と結合して、強固な保護の酸化物皮覆たる Pt_2O_3 の緻密なる薄膜層を常に構成するものと推定すべきが妥當で

ある。依つて耐蝕性に富み自らのイオン化がないので、第1圖の如き結線では金屬鹽の電氣的分解に達しないかぎり電流の通過量は認めないか或は微弱である。分解電壓測定に於いては電流-浴電壓曲線の著しく變る屈曲點を陽極表面の瓦斯氣泡發生點を考慮しつつ決定した。

猶、不溶出性電極として「タングステン」「タンタラム」「珪素」を用うれば高級酸化物たる WO_3 , Ta_2O_5 (又は Ta_2O_3), SiO_2 の強固な表面皮覆の構成によつて配線方向の電流通過がないから分解電壓は出現しないか、或は又更に高浴電壓となるものと推測される。

亜鉛・銅を電極とする場合にはその表面が active state にして金屬體表面の金屬原子は電子を電源によつて失なつてイオン化による流電作用となる。この際電源は陽極のエネルギーを大となし陰極が電子に依つて陽イオンをひきつけ金屬原子として析出し、陽極活性金屬は浴電壓に略比例して溶出し電流通過の割合によつて減量される。

浴電壓を更に逐次高めれば或る浴電壓に達してイオン化が次第に高まり内部金屬原子が擴散し、陰イオンと作用する如く原子狀酸素を牽引して、正方向の電流の高まりは遂には電解質の電氣分解を齎らすものと見做され、電解質の電氣分解とも關連性がある様に考察される。

かくして Passive state の出現により原子價の向上と相俟つて浴電壓上昇、電流下降の瞬時的變動を齎しイオン化による陽極溶出は遲緩或は阻止滯滞する。Passivation Voltage では一段と高い原子價なる酸化皮覆を構成し、又は陰性成分の自由電子を受理する場合に溶出金屬イオンの減ずる事が窺われる。

猶、瞬時的變化を示めず浴電壓は亜鉛では一段の變化にして、陽極は灰色がかり、陰極は粗雜物を析出する。酸化皮覆粒子は一般の酸化亜鉛より微細にして、酸素量も正規酸化亜鉛とは異なるものである事が推定されている。銅では二段の舉動變化を示して電鍍液及びその近似液に就いての一段的變化は約 0.5V 附近で陰極表面に僅かに觀察出来る程度の瓦斯氣泡を放散する可能性があつて曲線は緩慢なる直線を以つて示めされ、二段的變化は約 1.5 V 附近で行われ極端なる變化である。かくの如く著しい陽極表面の移遷は暗褐色皮覆を呈する反應に原因し皮膜は容易に生成離脱をなして毀損し、陰極に於ける析出銅は海綿狀にして密着性に缺け粗鬆物の一部は落下沈澱する。一般に陽極溶出の促進が顯著なる程驚異的變化は明瞭にして、銅表面の酸化は亜鉛のそれよりも大であらうと見做され高級酸化物に變化する銅表面は3價として作用することも亦豫知することが出来る。尙、この場合極面の暗褐色色生成皮膜は難溶性の Cu_2O_3 の如き状態

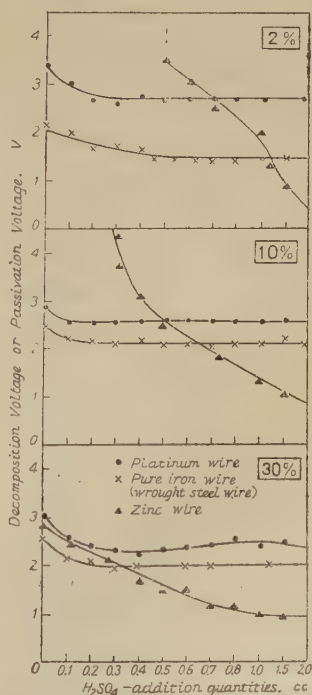
であることが推察される。又ニッケルでは始め活性態を呈せず略難溶出状態としてイオン化が緩慢であるから低迷曲線状態を示めし、陽極分極が大にしてニッケル電鍍液 ($NiSO_4:150g$, $NH_4Cl:15g$, $NiCl_2:15g$, $H_3BO_3:15g$, $H_2O:1l$) では第5圖にみる如く 0.8V 附近より急激に電流が高まり漸時浴電壓の上昇によつて電流通過量が増して来る。純粹なるニッケルに於いては一段的變化にして陽極分極が大であると一般的に陽極溶出量は陰極に於ける析出量に劣り液は酸性となる傾向を示めず。依つて純粹ニッケルは一般の電鍍作業に不適性である由來も電流-浴電壓の形態より推察出来る事柄である。

さてこれらの Decomposition Voltage 及び Passivation Voltage の出現は電極性質によつて移遷する事は勿論、環境の微細なる相異によつて色々に變り、測定に於ける浴電壓上昇速度の遅延に伴つて曲線は相對的に低くなり變化點も異なつて来る。

依つてかかる諸變化を各條件に於いて系統的に測定し考察するを企圖し電鍍操作に關する浴電壓の重要性を指摘した。

4. 濃度變化及び添加物による影響

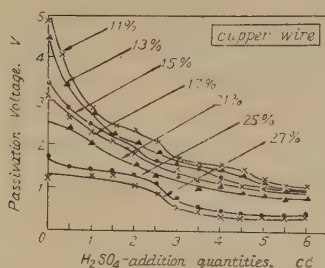
第2圖~第4圖に示す如く金屬鹽水溶液の濃厚・硫酸



第2圖 硫酸亜鉛水溶液に硫酸所定量添加による浴電壓の變化點

添加量によつて分解電壓・受働態化電壓は低下する。特に亜鉛線による受働態化惹引の低下状態は第2圖に示めす如く硫酸亜鉛の稀薄溶液では特に顯著にして硫酸量の増加によつて更に低下する。白金線による分解電壓は僅かながら低下するも各圖に示めされる様に割合に緩慢である。

これらを総合すると液の組成を種々に變化する場合の不・難溶出性金屬による屈曲變化



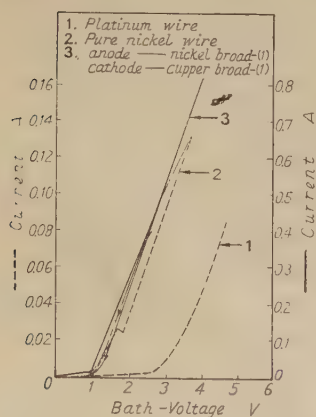
第3圖 各濃度の硫酸銅水溶液に硫酸所定量添加する場合の受働態化電圧の變化

も略一定せる浴電圧を定め得られる。但し陽極活性金属のイオン化の割合を問題として受働態化現象の考案に基く場合には該當する浴電圧の決定は至極困難で

あり相當幅のある浴電圧となるのも此處に因子の一つがある。

併しながら酸性電鍍及びその近似液に關するかぎりには一般に受働態化電圧は分解電圧より高い浴電圧に依つて示めされる。而して金属鹽の電気分解を生起する浴電圧を基準とすれば變化の割合が一般に小さいからかなりの最適浴電圧を決定せられる事となる。

これらの割合は第7圖の溫度變化の系統的測定に

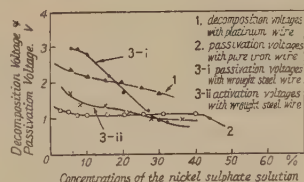


第5圖 ニッケル電鍍液に於ける浴電圧諸變化

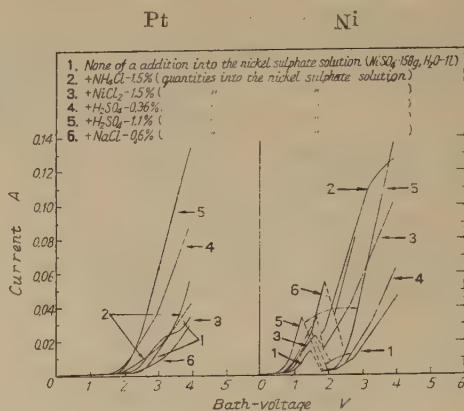
の變化曲線の一部を第6圖(1)に示す。尚添加量の割合は、 NiSO_4 : 150g, NH_4Cl : 15g, NiCl_2 : 15g, H_3BO_3 : 15g, H_2O : 11の電鍍液に基いた適量の場合を圖示する。

の割合は微少にして、陽極活性金属の受働態への變遷は一般に大きく示される。

依つて電鍍操作に於いて電鍍液の電気分解を問題にとり上げる場合には電鍍液組成の多少の變化があつて



第4圖 硫酸ニッケル水溶液の濃度諸變化に於ける浴電圧變化



第6圖 硫酸ニッケル水溶液の添加物に伴ふ影響

純ニッケルの如く最初から受働態性を示す金属では亜鉛・銅の如く低電圧でも尙極めてよく溶解する様な金属表面と比較して種々なイオン化現象で異常を伴い、攻究に際しては別個に考察すべき性質のものでさへある。

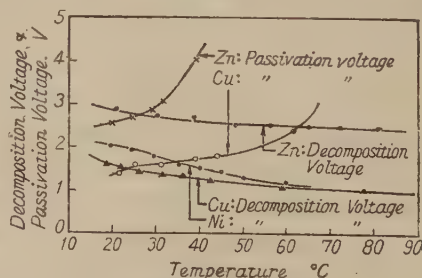
本測定の実験條件はビーカー(1)、浸漬深度 2.2 cm、電極間の距離 2 cm、液温は常温(27~30°C)である。但し Fig. 5. の液温は常温(16°C)にして 3. は浸漬深度 4 cm とした。

5. 液温變化による影響

液温變化が分解電圧及受働態化電圧に及ぼす變化曲線を ZnSO_4 : 300 g 蒸留水: 11, CuSO_4 : 200 g/l, H_2SO_4 : 50 g/l, NiSO_4 : 200 g/l NH_4Cl : 30 g/l H_3BO_3 : 15 g/l (pH 5.2) の液に浸漬深度 2.5 cm (ビーカー(1)), 電極 3 cmに就いて系統的に測定した結果を第7圖に示めす。

液温上昇に伴つて分解電圧は次第に低下し、屈曲後の電流は更に増大し放電瓦斯音響を發する浴電圧は低くなり、且陰極に於ける析出金属は粗雜にして逐次液温上昇によつて増量する。

然るにかかる現象に反して、陽極活性金属表面の受働態化は抑制され、浴電圧の増大による陽極金属の溶



第7圖 液温變化が浴電圧に與える影響

出は著しく、結晶粒を大となし樹枝状析出と化し電流は液温に伴なつて増大する。

白金の如き不・難溶性電極では自らのイオン化によらず液温の大なるに伴つて電氣分解を惹起する可能性を高めるが、亜鉛・銅の如き活性態電極では液温の増大するにつれてイオン化は著大となり酸化皮膜構成を不安定にし受働態性の出現を滯滞せしめるものと推定される。又、亜鉛・銅の如き金屬は低浴電壓に於いて或る時間放置する場合に生起する金屬表面の移遷は極めて顯著に示めされる。

この種電鍍の電鍍操作に於いて陽極金屬の活性状態は常に要望されるところであるが、液温が過大である場合には譬へ受働態化電壓以下の浴電壓で電鍍しても析出金屬は不規則に形狀を變化し且不均一密着性を有して固着し難く、亜鉛・銅の場合では海綿狀金屬小塊或は結晶粒大にして且樹枝状と化し、これら析出金屬は水洗で容易に脱落される如くである。

液温の過大は又溶出量と析出量の差異を更に大とするから、液温とこの量的關連性を究明する必要がある（後報詳述）。

圖示中特に液温變化による分解電壓が受働態化電壓變化より一役に緩慢なる事を注視すべきである。

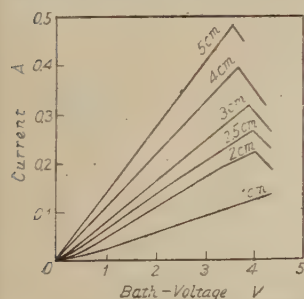
6. 電極の浸漬面積變化による影響

陽極の活性金屬としての受働態の出現は液量及び浸漬深度の電極表面積に影響される。

測定には亜銅・銅(1)及び(2)を用い一般の電鍍液或はその近似液を用い、浸漬深度 1, 2, 2.5, 3, 4, 5, 6cm の場合の結果を第8圖～第11圖に示した。

即ち電鍍液及びその近似液では受働態化電壓に及ぼす液量の影響は比較的小にして深度の増大によつて僅少なから低下する傾向がある。

但し各濃度の金屬鹽水溶液に對する種々なる浸漬深度變化を系統的に測定すれば低下或は上昇曲線を示す。



第8圖 電極の浸漬面積變化による測定（液量を變化する）：Zn(1)の場合

しかし乍ら譬へ同一浸漬面積であつても金屬體の形態・液面に對する表面積の大小によつて變化する事は當然であり或は又陽極活性金屬の受働態化出現時の電流密度も電極表面積に關連性を有し、受働態化時の電流密度は電極表面積を大

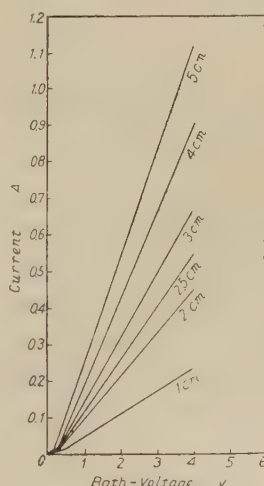
とすることによつて小となる。

又この測定で不統一系誤差を生ずる諸因の一つは水面接觸部分の多少にもある。陽極の活性金屬體のイオン化は特に水面方向に對して著大であつて底部の溶出量は液面部より僅かに少い。殊に表面接觸角の

關與する僅か下部は最も顯著にして切断される。かくの如く譬へ同一浸漬面積であつても電流の通過量は一定ではないからこれらを考へて、水面部分の表面積を各々同一とし、液量を異動する事によつて浸漬面積變化に關する測定を行つた。

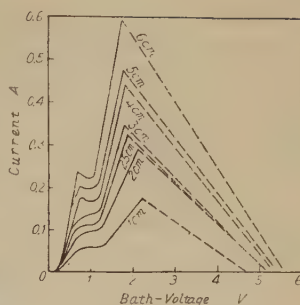
電鍍操作に於いては陽極活性金屬の受働態化を防止し常に活性状態にして電流通過量の大なる事を要望する事から浸漬面積・形狀或いは水面部の影響に關する測定は重要である。然し陽極活性金屬の受働態出現の難易は浸漬深度によつて理論的には影響しない筈である。

しかし乍ら供試體製造上の僅少な相違によつて金屬體に不純物を介在し、或は環境に於いて薄膜酸化皮膜を形成するが如き不規則な金屬表面部分の浸漬されることにより又電極形狀等によつて浴電壓を變化せしめる事がある。但しこれ等に關する測定を純金屬によつて種々行ふと金屬表面の變遷は猶統一的に示めされている。依

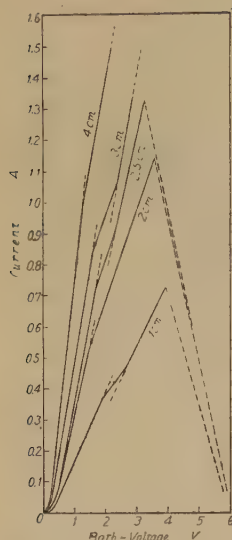


第10圖 第8圖と同じ條件：Zn(2)の場合

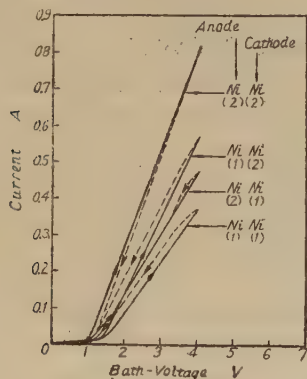
つてこれ等の出現に於ける因子の一つは金屬表面の發熱による全體の温度上昇等にも關連性があるが、浸漬金屬表面全體に對する水面部分の割合が液量増大によつて次第に減ずる爲、温度變化の測定に見らる如く表面密度に於けるイオン化の減少が受働態化出現を滯滞せしめるものとも見做される。又この場合流電作用による活性態金屬の受働態へ



第9圖 第8圖と同じ條件：Cu(1)の場合



第11圖 第8圖と同じ条件: Cu-(2)の場合



第12圖 電極面積の相異に對する測定

7. 連續浸漬による電流-浴電壓測定續行に於ける曲線移遷の實驗

電極を浸漬したるまま所定浴電壓迄の浴電壓上昇、下降を各々4分、3分として電流-浴電壓變化の測定をなし1分間放置して後繰返し同一測定をなしたる移遷曲線の中亜鉛・銅に關する一部を第13圖～第16圖に示す。

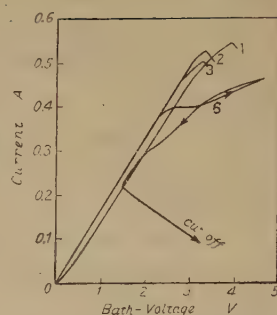
充分なる研磨・脱脂を施したる供試體は、最初の測定に於いてはその表面はその金属の本性質にして、金属體本来の特性を示めしイオン化は順調にして陰極への析出金属は略均一状態となる。

但し浸漬の儘同方法にて繰返し測定を繼續すると變化曲線は徐々に低くなり、最初の曲線形態と稍異なる低下曲線となつて陽極溶出は幾分緩慢となり、液の濁染

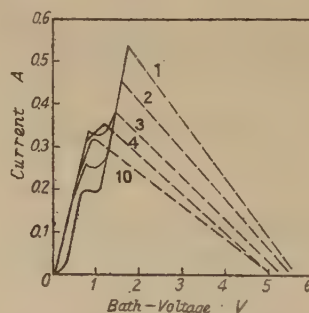
の變遷は金属表面全體に於いて生じられる事より上述の事柄を示唆出来る。

亜鉛・銅に對する使用液は ZnSO_4 300 g, 蒸溜水 1 l 及び CuSO_4 200 g/l, H_2SO_4 50 g/l. にしてピーカー (2), 電極間の距離 3 cm 液温は常溫 (16°C) となし第 12 圖の漬浸深度は 4 cm. とした。ニッケル (1) 及び (2) を相互に電極となし浸漬表面積を變化したる場合の曲線は第 12 圖に示めす如くにして液は第 5 圖使用のものに等しい。

程度、陽極の減量は高まり、更に繰返し測定を行う場合には陽極に發生、集結する酸素生成によつて酸化物皮膜下部の金属酸化、酸化物皮膜層の成長があり、陽極消耗度は水面より僅か下部に著しく、浸漬表面積に對する水面接觸部の金属表面の割合を小とし、更に陽極全體に對する浸漬表面積を減じ陰極は析出金属により粗鬆形狀に表面積を増大して受働態電壓は僅かながら下降する。



第13圖 連續的に電極を浸漬せしめ A-V 變化を観測する事を繰返す實驗: Zn-(1)の場合 (但し1, 2, 3, と6回の状態を示めす)



第14圖 第13圖と同じ条件: Cu-(1)の場合 (但し1, 2, 3, 4 と10回の状態を示めす)

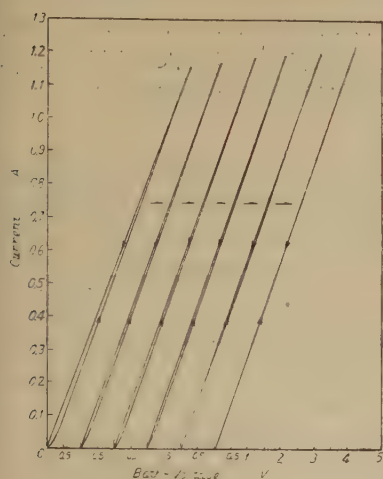
Cu-(2)の表面積を均一にする爲に深度を變えた。

銅電極では陽極に漸時褐色粒子滓の附着性泥漿物を生ずるが、生成離脱は容易であり逐次毀損して液底に沈下し下部に硫酸銅の結晶を生ずる。陰極表面の疎雜析出金属は主に周邊部分に海绵狀に生長し、密着性に缺け粗鬆質の一部は落下沈降する。その割合は測定回数によつて更に増大する。亜鉛電極に就いても亦陽極に屢々粗鬆物附着物を生ずる如くなり、陰極は粗雜かつ樹枝狀となる。

本實驗終了後の切斷部より考察して陽極溶出の不均一性が知得され陰極への析出金属も各部均一状態でない事から電子受授の不統一分布なる事を推定出来る。

變化曲線が不定常に低迷する現象は陽極の溶出・平滑面陰極への粗雜の表面積の増大、液組成の變化及び既存酸化物皮膜に原因するが尙陽極活性金属表面の受働態性への移遷がある。又最初の測定に於いては第 15 圖及び

第16圖に圖示される如く、上昇曲線と下降曲線とは交錯し實驗續行に作つて重複且一直線となり受働態化以前では同一曲線となる。



第15圖 第13圖と同じ條件: Zn-(2)の場合

鉛・銅・(1)に就いて受働態化電壓及び電流と實驗續行回数を兩軸として受働態時に於ける電流と受働態電壓の割合を示めせば

第17圖及び第18、19圖の如くとなる。

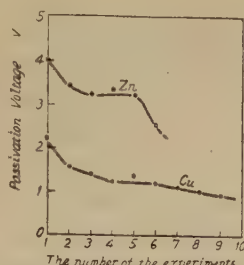
本測定によつて陽極金屬表面の變遷のみを究明する場合には實驗ごとに陰極を新電極に交換すべきである。

電鍍操作に於ける陽極金屬の性質は最初充分に前處

第16圖 第13圖と同じ條件: Cu-(2)の場合
理を施したものでは本金屬としての特性を持つてイオン化するが、繼續的に連續作業をなす場合には常態と稍異なる異常現象を齎し電流の通過量は屢々減少し、金屬表面は陰性成分たる酸素との化合物を生成することにより受働態性となる。

かかる現象は活性金屬の安定せる能働態性への移遷と見做され、陽極浸漬表面の消耗度が平均するか、割合に小なる場合には略變動のない一直線で示めされる。猶、浸漬表面積が相當

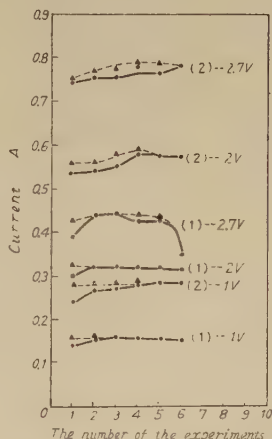
に溶出する亜



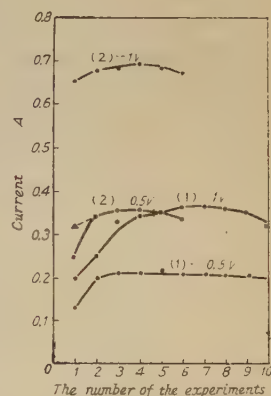
第17圖 測定の連續的回數に於ける受働態化電壓の降下狀態

々に變化するものと推定される。

電鍍操作に使用する陽極金屬は連續作業に關する限りはその金屬本體ではなく薄膜酸化物を僅少なながらも有する酸化金屬として取扱ふべき性質のものであつて所定浴電壓に於ける電流の通過量は漸時變化し析出金屬に影響を及ぼす様になる。



第18圖 測定の連續回數による所定浴電壓に於ける電流變化: Zn-(1), (2)の場合
(▲印は浴電壓降下の場合)



第19圖 第18圖と同じ條件: Cu-(1), (2)の場合

以上の實驗結果と考察を總括すれば、金屬表面の外部電源による流電作用に伴う諸現象は電鍍液及びその近似液に於いては電氣化學的、或る條件のもとでは化學的に作用し環境の諸狀態によつて種々に變化する。一般的には陽極活性金屬の變遷は大きな範圍に、不・難溶出性金屬の示めす分解電壓は小さな範圍に變動するが如き傾向となる。

但し電鍍作業に於けるが如く、長時間に亘つて移遷狀態を觀測すれば受働態化の出現は容易になり、受働態化電壓は短時間の測定値より低下し又浸漬のまま繼續的に

測定する如き場合に於いても低下し受働化電壓の大なる金屬であつても次第に分解電壓の値に接近する様になる。但し分解電壓は種々の不・難溶出性金屬の性質によつて個々の特性を示めすものである。

依つて亜鉛及び銅の如く容易にイオン化する金屬の系に對しては陽極活性金屬表面の本質に異常を生じ、受働態化電壓におけるイオン化は澁滯し泥狀の暗濃色附着物の漸時液底への垂下により液の清澄性を變じ電流の増大は屢々着色程度を高め、陰極析出金屬は疎雜にして密着性に缺ける様になり、且所定浴電壓に於ける電流密度は減少し、金屬の不均一系としての溶出・析出量は極めて不規則となる。

特に陽極金屬のイオン化を順調に行ひ、且陽極の溶解量と陰極に於ける析出量とが等しくなる必須條件の爲には純ニッケルが實用電極として適應されない事實を電流—浴電壓姿態より考察する事が出来る。この種の研究は又次報に明かとする心算である。

亜鉛及び銅の如き電鍍では陽極表面は常に活性状態にして且電流通過の大なる事が溶出・析出の同量範囲内に於いて必要であるが更に受働態性の出現は操作時間が長く、高浴電壓である程容易となり、電流は次第に低下する傾向があることを考慮する必要がある。

かくの如く電鍍作業中では陽極表面を活性状態にして

おくか或は又受働性状態にしておくかによつて自ら種々なる差異を生ずる。

浴電壓の高まりによつて陰極表面に水素瓦斯が發散集結或は吸藏される事により剝離・針孔・硬化・脆性等の種々なる缺陷を生ずる如き現象は一般に水素を伴う合金層を形成するものと見做すべきが妥當であり以上の状態は特に電解質の電氣分解に原因すべき性質のものである事が思考される。

不・難溶出性金屬を陽極として電鍍を爲す場合には液の電氣分解による金屬鹽の金屬析出にして、浴電壓の著しい屈曲線の生起しないかぎりには電鍍されないが、可溶性金屬を陽極として行われる種電鍍は電鍍の根本原理に徹し活性金屬のイオン化に基いて行われるものでありこの際前者は諸電鍍に於いて寧ろ特定なる方法にして缺陷も亦多い。

電流—浴電壓に關する測定は、上述の考察に有效であり又陽極電極としての適・不適並に使用の限定を判斷し電極材料選定上に必要缺くべからざる重要な意義を有するものである。

研究の遂行に際して懇篤なる御指導を賜り御盡力下された山本洋一教授に對し衷心より感謝の意を表するものである。

閉合折測に於ける角測誤差の 實驗的配賦方法に就て

(1951 年 5 月 15 日受理)

遠 山 繁¹⁾

On the Experimental Adjustment of Angular Errors for Closed Traversing

By Sigeru TOYAMA

The angular errors for closed traversing should be adjusted to agree with the geometrical condition. In this study, occurrence of errors from many experimental values was investigated; and a method, based on experiment, of adjusting the error is proposed.

(A) The experimental values are in the following tables.

- a) Table 1 : Errors and number of errors.
- b) Table 2 : Value of mean errors for mean distances.
- c) Table 3 : Value of mean errors for mean angles.

(B) The angular errors arising from relative length :

From the values of Table 2, the error curve is assumed to be parabolic ; the normal equation is solved ; and Equation (1) is obtained. Table 4 compares the error calculated from Equation (1) and that from experiment. Fig. 1 is a comparative diagram of e and y .

(C) Adjustment of angular errors according to size of internal angles. :

From the values of Table 3, the error curve is assumed to be parabolic ; the normal equation is solved ; and Equation (2) is obtained. Table 5 compares the error obtained from Equation (2) and that from experiment.

Fig. 2 is a diagramatic representation of this comparison.

(D) Adjustment of error by $\frac{A}{L}$ and $\frac{L}{A}$

Case 1 ; A/L

From the values of Table 6, the error curve is assumed to be parabolic ; the normal equation is solved ; and Equation (3) is obtained.

Table 7 compares the value obtained by calculating from Equation (3) and the mean error ; and Fig. 3 is a diagramatic comparison.

Case 2 ; L/A

The error curve is assumed to be parabolic ; the normal equation for the reciprocal of A/L is solved ; and Eq. (4) is obtained.

Table 8 compares the error calculated from Eq. (4) and the mean error. Fig. 4 is a diagramatic comparison.

(E) The above curve Equations (1), (2), (3), and (4) are those meeting the requirements of values obtained through experiment ; therefore, it cannot be said that they can be applied generally, because of the several factors caused by the terrain condition and by another surveyor. However, if it is assumed that the curves will be similar to the above curves, and the error distribution²⁾ proportioning is utilized, the equations for the above cases will become (5), (6), (7), and (8).

If $K = \frac{E}{\sum l^2 y}$, then for the corrections for several angles will be given by Eq. (9).

A, B, C, Measured internal angles.

A', B', C', Corrected internal angles.

¹⁾ 土木工學科

$$\begin{aligned} \text{Therefore } A' &= A \pm e_1 \\ B' &= B \pm e_2 \\ C' &= C \pm e_3 \\ &\dots \dots \dots \end{aligned} \quad \dots \dots \dots (10)$$

Of the above equations, Equ. (5) gives the minimum probable error. Fig. 5 is the error curve for Eqs. (5), (6), (7), and (8), and shows the distribution of errors.

1. 概 説

閉合折測(多角測量)に於て各測線の方法を決定するには次のやうな方法がある。

a) 内角の測定

實測の内角の總和は $(n-2)180^\circ$

b) 方位角の測定

任意の測線の前視方位角と後視方位角との差は 180° となる。

c) 方位の測定

任意の測線の前視方位と後視方位との符號は反對である。

d) 偏倚角の測定

偏倚角の總和は 360° となる。

e) 外角の測定

外角の總和は $(n+2)180^\circ$ となる。

上記の内最も廣く採用されている方法は(a), (b), (c)の場合のやうであるが、いづれの場合にせよ實測角の總和は幾何學的條件に一致することが必要である。

然しながら角測に際しては種々なる條件のもとに於て作業に従事しなければならないから前記の條件に一致することは甚だ困難であつて或る限度内の誤差が生ずることは止むを得ない。

今 $A \dots \dots$ 條件下にある角度。

$B \dots \dots$ 實測内角の總和 とすれば

角測誤差 $A-B=\pm E$

E なる誤差は種々の原因によつて生ずるものであるからそれらの誤差の原因を探究して合理的に最小ならしめ且つ實測内角の總和をして幾何學的條件に一致せしむるやう合理的に配賦することを要する。

2. 各著書に記載されたる角測誤差の限界及び配賦方法

(1) 角測誤差 E の限界は測量の目的、地域の狀態及び使用する測器によつて差異があるが各著書を綜合して見ると、 $10''\sqrt{n} \sim 2.0''\sqrt{n}$ の範圍内である。(但し n は多角形の邊數)而して重要な地域に於いては $\sqrt{n} \sim 30''\sqrt{n}$ 、山林原野等に於ては $1.5''\sqrt{n} \sim 2.0''\sqrt{n}$ である。即ち其制限内に於て生じた角測誤差は適當に配賦す

べきであるが、制限外の誤差が生じた場合には再測が必要となる。

(2) 角測誤差 E を配賦し内角の總和をして幾何學的條件に一致せしむる方法としては、各著書を綜合して次の三方法となる。

1) 平均配賦法

E なる誤差を各角に一樣に配賦する方法である。

今各角を $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \dots \dots \dots$

修正角を $\alpha', \beta', \gamma', \delta', \dots \dots \dots$

n を角點數とすれば修正量 $\Delta = \frac{E}{n}$

故に

$$\left. \begin{aligned} \alpha' &= \alpha \pm \Delta \\ \beta' &= \beta \pm \Delta \\ \gamma' &= \gamma \pm \Delta \\ &\dots \dots \dots \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (A)$$

2) 測線長に逆比例して配賦する方法

今 E を角測誤差、 $l_1, l_2, l_3, \dots \dots, l_n$ 、を各測線長とすれば

$$K = \frac{1}{l_1} + \frac{1}{l_2} + \frac{1}{l_3} + \dots \dots \dots + \frac{1}{l_n}$$

$y = \frac{E}{K}$ とすれば

$$\angle \alpha \text{ の修正量 } m_\alpha = y \times \frac{1}{l_1}$$

$$\angle \beta \text{ の修正量 } m_\beta = y \times \frac{1}{l_2}$$

$$\angle \gamma \text{ の修正量 } m_\gamma = y \times \frac{1}{l_3}$$

$\dots \dots \dots$
 $\dots \dots \dots$

故に修正角は

$$\alpha' = \alpha \pm m_\alpha$$

$$\beta' = \beta \pm m_\beta$$

$$\gamma' = \gamma \pm m_\gamma$$

$\dots \dots \dots$

3) 夾角の大小により誤差を配賦する方法

$I = 180^\circ(n-2) \dots \dots \dots$ 多角形内角の總和

$I' \dots \dots \dots$ 實測内角の總和

$\alpha, \beta, \gamma, \delta \dots \dots \dots$ 角點に於ける實測内角

$$E = I - I'$$

とすれば各角に配賦すべき量は

$$\alpha_e = \frac{\alpha}{I'} E$$

$$\beta_e = \frac{\beta}{I'} E$$

$$\gamma_e = \frac{\gamma}{I'} E$$

修正内角は

$$\alpha' = \alpha \pm \alpha_e$$

$$\beta' = \beta \pm \beta_e$$

$$\gamma' = \gamma \pm \gamma_e$$

.....

.....

.....(C)

3. 實驗要領

[A] 現在行はれている誤差配賦方法と實驗による誤差とが如何なる状態にあるかをたしかめるため次に示す方法により實驗を行つた。

a) 距離は長さ 30 米の鋼製卷尺を使用し同一點間を正反二回測定し其平均を以て點間の距離とした。二回測定の結果誤差が比較的多く生じた場合には再三測定した。

b) 轉鏡儀は 4" 又は $3\frac{1}{2}"$ 、20" 讀みで整正済みのものを使用。

同一方向に二回測定し其平均を採用した。

c) 距離は溫度張力其他の更正をせず。

d) 測量地は東京都内、川崎市内、千葉縣下、及び埼玉縣下であつて、主として平坦なる道路、一部は丘陵地帯及び砂濱である。

e) 測量面積は約 150 萬坪

二回測定による距離の延長約 93,000 米

二回測定による測角數 1,190 角

f) 各地點に於ける記錄により次のやうに整理を行つた。

(i) 距離は 10 米毎に一區分となし其區分内にある測定値を集め、これを一群として其平均距離及び平均誤差を算出した。

(ii) 角度は 10 度毎に一區分となし其區分内にある測定値を集め、これを一群としてその平均角度及び平均誤差を算出した。

g) f 項によつて求めた距離の範圍は 15.410m より 221.474m、角度は 55.04 より 291.01 の範圍内である。

[B] 實驗によつて得たる數値は次の如くである。

a) 誤差及び誤差の生じたる回數は次の通りである。
二回觀測の結果、同一の測定値がでた場合も 0" の誤差として取扱つた。

Table 1

| Errors | Number of Times | Errors | Number of Times |
|--------|-----------------|--------|-----------------|
| 0" | 152 | 70" | 2 |
| 10" | 82 | 80" | 4 |
| 20" | 217 | 85" | 1 |
| 30" | 28 | 90" | 1 |
| 40" | 65 | 100" | 3 |
| 50" | 11 | 110" | 1 |
| 60" | 27 | 160" | 1 |

上表より明らかなる如く 20" の誤差の生ずる回數が最も多い事が明した。

b) 測線の長短に對し誤差がどのやうな状態に生じたかにつき、(A) (i) (ii) によつて整理した値は次の如くである。(但し 51" 以上の誤差を除外する)。

Table 2

| Number of Times in one group | mean distances | mean errors (e) | eccentricity for e at mean distances |
|---------------------------------|-------------------|--------------------|---|
| | m | " | mm |
| 7 | 15.410 | 17.14 | 1.28 |
| 26 | 24.468 | 13.85 | 1.64 |
| 35 | 35.642 | 12.29 | 2.12 |
| 33 | 45.070 | 15.76 | 3.44 |
| 63 | 55.269 | 14.13 | 3.79 |
| 59 | 65.662 | 20.85 | 6.64 |
| 59 | 74.742 | 19.32 | 7.00 |
| 46 | 84.542 | 18.26 | 7.49 |
| 37 | 94.419 | 17.84 | 8.17 |
| 38 | 104.181 | 18.42 | 9.30 |
| 36 | 116.039 | 16.11 | 9.06 |
| 16 | 125.655 | 11.88 | 7.24 |
| 19 | 134.827 | 13.68 | 8.90 |
| 10 | 144.489 | 15.00 | 10.50 |
| 12 | 155.349 | 16.67 | 12.55 |
| 5 | 162.486 | 8.00 | 6.30 |
| 5 | 176.974 | 14.00 | 12.02 |
| 3 | 192.730 | 23.33 | 21.80 |
| 2 | 219.671 | 10.00 | 10.65 |
| 2 | 221.474 | 15.00 | 16.10 |

c) 角度の大小により誤差がどのやうな状態に生じたかにつき [A] (i) (ii) によつて整理した値は次の如くである。(但し 51" 以上の誤差を除外する)。

Table 3

| number of times in one group | mean angles | mean errors | number of times in one group | mean angles | mean errors |
|------------------------------------|----------------|----------------|------------------------------------|----------------|----------------|
| 4 | 55.4 | 25.00 | 97 | 183.2 | 14.80 |
| 12 | 65.8 | 15.00 | 35 | 194.1 | 17.40 |
| 8 | 75.8 | 5.00 | 21 | 205.4 | 17.10 |
| 38 | 86.7 | 14.50 | 8 | 216.1 | 15.00 |
| 44 | 96.0 | 15.50 | 6 | 224.2 | 25.00 |
| 24 | 105.3 | 17.10 | 4 | 238.1 | 25.00 |
| 14 | 115.9 | 13.60 | 7 | 244.9 | 24.30 |
| 11 | 124.2 | 26.40 | 8 | 255.8 | 17.50 |
| 9 | 135.1 | 10.00 | 16 | 265.9 | 23.10 |
| 11 | 147.1 | 14.50 | 20 | 274.1 | 19.00 |
| 17 | 155.3 | 20.60 | 4 | 286.9 | 20.00 |
| 38 | 165.7 | 13.20 | 2 | 291.1 | 15.00 |
| 91 | 176.0 | 17.00 | | | |

4. 實驗式の算出

[A] 角測誤差は主として距離の長短により生ずるものとした場合。

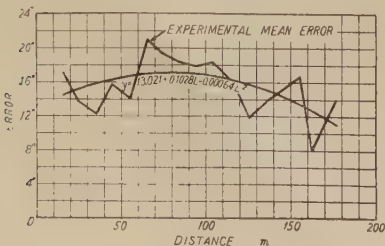
普通行はるる多角測量の邊長は 100m 以内のものが最も多いやうであるが本計算に於ては距離の限界を 176.974m とした。

而して誤差圖により誤差曲線は拋物線なりとし第2表の數値により最小自乗法により正等式を求めこれを解いて

$y = 13.021 + 0.1028L - 0.00064L^2 \dots \dots (1)$

を得た。但し L は距離 (m) である。

第4表は(1)式より得たる誤差と平均誤差との比較表であつて之をグラフとしたものが第1圖である。



第1圖 距離による角測誤差圖

Table 4 實驗式による誤差と平均誤差との比較表

| mean distances | mean errors(e) | y | mean distances | mean errors(e) | y |
|-------------------|-------------------|--------|--------------------|-------------------|--------|
| m | " | " | m | " | " |
| 15.410 | 17.14 | 14.453 | 104.181 | 18.42 | 16.785 |
| 24.468 | 13.85 | 15.153 | 116.039 | 16.11 | 16.332 |
| 35.642 | 12.29 | 15.872 | 125.655 | 11.88 | 15.833 |
| 45.070 | 15.76 | 16.354 | 134.827 | 13.68 | 15.247 |
| 55.269 | 14.13 | 16.748 | 144.489 | 15.00 | 14.513 |
| 65.662 | 20.85 | 17.012 | 155.349 | 16.67 | 13.546 |
| 74.742 | 19.32 | 17.129 | 162.486 | 8.00 | 12.828 |
| 84.542 | 18.26 | 17.138 | 176.974 | 14.00 | 11.169 |
| 94.419 | 17.84 | 17.021 | 推差 $r = \pm 1.913$ | | |

上表に於て最大誤差の生ずる距離は 80.312m であつて其誤差は 17."149 である。

[B] 角測誤差は夾角の大小に依り生ずるものとした場合。

實驗による角度の範圍は 55°~290° である。而して誤差圖により誤差曲線は拋物線なりとし第3表の數値により最小自乗法により正等式を求めこれを解いて

$y = 12.702 + 0.0344A - 0.000031A^2 \dots \dots (2)$

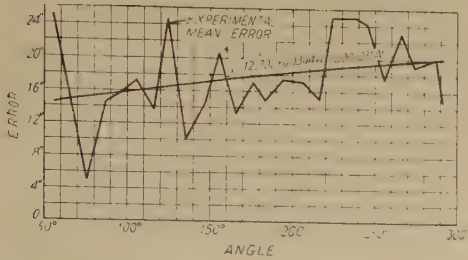
を得た。(但し A は角度(度))

第5表は(2)式より得た誤差と平均誤差との比較表であつてこれをグラフとしたものが第2圖である。

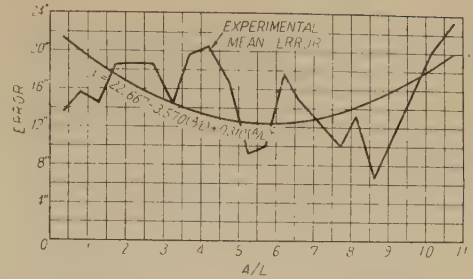
Table 5 實驗式による誤差と平均誤差との比較表

| mean angles | mean errors(e) | y | mean angles | mean errors(e) | y |
|----------------|-------------------|-------|--------------------|-------------------|-------|
| ° | " | " | ° | " | " |
| 55.4 | 25.00 | 14.51 | 183.2 | 14.80 | 17.96 |
| 65.8 | 15.00 | 14.83 | 194.1 | 17.40 | 18.21 |
| 75.8 | 5.00 | 15.13 | 205.4 | 17.10 | 18.46 |
| 86.7 | 14.50 | 15.45 | 216.1 | 15.00 | 18.69 |
| 96.0 | 15.50 | 15.72 | 224.2 | 25.00 | 18.86 |
| 105.3 | 17.10 | 15.98 | 238.1 | 25.00 | 19.14 |
| 115.9 | 13.60 | 16.27 | 244.9 | 24.30 | 19.27 |
| 124.2 | 26.40 | 16.50 | 255.8 | 17.50 | 19.47 |
| 135.1 | 10.00 | 16.78 | 265.9 | 23.10 | 19.66 |
| 147.1 | 14.50 | 17.09 | 274.1 | 19.00 | 19.80 |
| 155.3 | 20.60 | 17.30 | 286.9 | 20.00 | 20.02 |
| 165.7 | 13.20 | 17.55 | 291.1 | 15.00 | 20.09 |
| 176.0 | 17.00 | 17.80 | 推差 $r = \pm 3.430$ | | |

上表によれば y は角度の増大に伴ひ 誤差も又漸増する。



第2圖 夾角による角測誤差圖



第3圖 A/L による角測誤差圖

[C] 誤差は角度及び距離の比により生ずるものとした

場合

本項に於て A を角度, L を距離とし $\frac{A}{L}$ 及び $\frac{L}{A}$ に就き取扱う。

(1) $\frac{A}{L}$ なる場合

観測値により各 $\frac{A}{L}$ を求めこれを 0.5 毎に一區分となしその區分内にある測定値を集めこれを一群としてその平均の $\frac{A}{L}$ 及びそれに對する平均誤差を算出したものが第 6 表である。

Table 6

| number of times | A/L | mean errors(e) | number of times | A/L | mean errors (e) |
|-----------------|-------|----------------|-----------------|--------|-----------------|
| 11 | 0.375 | 13.64 | 6 | 5.727 | 10.00 |
| 48 | 0.806 | 15.63 | 4 | 6.233 | 17.50 |
| 100 | 1.269 | 14.50 | 2 | 6.580 | 15.00 |
| 91 | 1.729 | 18.46 | 6 | 7.207 | 12.24 |
| 57 | 2.239 | 18.60 | 2 | 7.715 | 10.00 |
| 62 | 2.744 | 18.55 | 3 | 8.133 | 13.33 |
| 39 | 3.259 | 14.36 | 3 | 8.630 | 6.67 |
| 22 | 3.684 | 19.55 | 2 | 9.760 | 16.66 |
| 24 | 4.207 | 20.42 | 2 | 10.140 | 20.00 |
| 15 | 4.759 | 16.67 | 3 | 10.747 | 23.33 |
| 12 | 5.258 | 9.17 | | | |

上表に於て $A/L=7.207$ の平均誤差は $3''.33$

$\frac{A}{L}=9.760$ に於ける平均誤差は $30''$ であるが相違甚だしいためそれら兩端の誤差の平均により夫々 $12''.24$ 及び $16''.66$ とした。

上表の数値により誤差曲線は拋物線なりとし最小自乗法により正等式を求めこれを解いて次の結果を得た。

$$y = 22.667 - 3.570\left(\frac{A}{L}\right) + 0.310\left(\frac{A}{L}\right)^2 \dots\dots(3)$$

(3)式により y を算出し平均誤差と比較せば第 7 表の如くでこれをグラフとしたものが第 3 圖である。

Table 7

| A/L | y | mean errors (e) | A/L | y | mean errors (e) |
|-------|-------|-----------------|--------|-------|-----------------|
| | " | " | | | |
| 0.375 | 21.37 | 13.64 | 5.727 | 12.39 | 10.00 |
| 0.806 | 19.99 | 15.63 | 6.233 | 12.46 | 17.50 |
| 1.269 | 18.64 | 14.50 | 6.580 | 12.60 | 15.00 |
| 1.729 | 17.42 | 18.46 | 7.207 | 13.04 | 12.24 |
| 2.239 | 16.23 | 18.60 | 7.715 | 13.58 | 10.00 |
| 2.744 | 15.21 | 18.55 | 8.133 | 14.14 | 13.33 |
| 3.259 | 14.33 | 14.36 | 8.630 | 14.95 | 6.67 |
| 3.684 | 13.72 | 19.55 | 9.760 | 17.35 | 16.66 |
| 4.207 | 13.14 | 20.42 | 10.140 | 18.34 | 20.00 |
| 4.759 | 12.70 | 16.67 | 10.747 | 20.10 | 23.33 |
| 5.258 | 12.47 | 9.17 | | | |

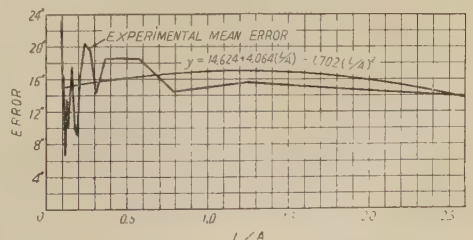
第 7 表に於て最小差誤の生ずる $\frac{A}{L}$ は 5.758 で最小誤差は $12''.389$ である。

(2) $\frac{L}{A}$ なる場合

[C], (1), $\frac{A}{L}$ の逆数を取り誤差曲線は拋物線なりとし最小自乗法により正等式を求めこれを解いて次の結果を得た。

$$y = 14.624 + 4.064\left(\frac{L}{A}\right) - 1.702\left(\frac{L}{A}\right)^2 \dots\dots(4)$$

(4)式により y を算出し平均誤差と比較せば第 8 表の如くで、これをグラフとしたものが第 4 圖である。



第4圖 L/A による角測誤差圖

Table 8

| L/A | mean errors | y | L/A | mean errors | y |
|-------|-------------|-------|-------|----------------------|-------|
| | " | " | | " | " |
| 2.667 | 13.64 | 13.36 | 0.175 | 10.00 | 15.28 |
| 1.241 | 15.63 | 17.05 | 0.160 | 17.50 | 15.23 |
| 0.788 | 14.50 | 16.77 | 0.152 | 15.00 | 15.20 |
| 0.578 | 18.46 | 16.40 | 0.139 | 12.24 | 15.16 |
| 0.447 | 18.60 | 16.10 | 0.130 | 10.00 | 15.12 |
| 0.364 | 18.55 | 15.88 | 0.123 | 13.33 | 15.10 |
| 0.307 | 14.36 | 15.71 | 0.116 | 6.67 | 15.07 |
| 0.271 | 19.55 | 15.60 | 0.102 | 16.66 | 15.02 |
| 0.238 | 20.42 | 15.49 | 0.099 | 20.00 | 15.01 |
| 0.210 | 16.67 | 15.40 | 0.093 | 23.33 | 14.99 |
| 0.190 | 9.17 | 15.33 | 推差 | $\gamma = \pm 2.956$ | |

上表に於て最大誤差の生ずる $\frac{A}{L}$ は 1.194 で最大誤差は 17.765 である。

5. 誤差曲線式の用法

前節に掲記した曲線式(1), (2), (3), (4)は實驗によつて得た數値により求めたものであるから各人が實測に際して生ずる誤差は種々の條件によりこれと同様であると云うことは出来ないが、只本曲線に對して相似の形をとり現出するものとして各式を誤差配賦の割合で示すため各式の第一項の係數で左邊を除せば次の如くなる。

a) 誤差は距離により生ずるものとした場合

$$y = 1 + 0.00789L - 0.000049L^2 \dots\dots\dots(5)$$

b) 誤差は角度により生ずるものとした場合

$$y = 1 + 0.0027A - 0.000024A^2 \dots\dots\dots(6)$$

c) 誤差は角変と距離の比によつて生ずるものとした場合

$$y = 1 - 0.1575\left(\frac{A}{L}\right) + 0.0137\left(\frac{A}{L}\right)^2 \dots\dots\dots(7)$$

$$y = 1 + 0.2779\left(\frac{L}{A}\right) - 0.1164\left(\frac{L}{A}\right)^2 \dots\dots\dots(8)$$

d) 多角測量に於ける角測閉合誤差を E とし

$$K = \frac{E}{\sum y} \quad \text{とせば}$$

各角に對する誤差配賦量は

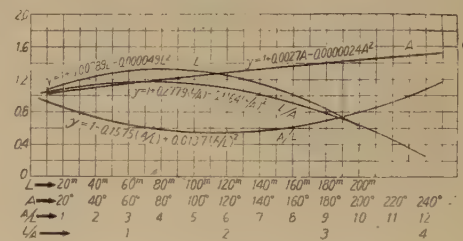
$$\left. \begin{aligned} e_1 &= Ky_1 \\ e_2 &= Ky_2 \\ e_3 &= Ky_3 \\ &\dots\dots\dots \\ e_n &= Ky_n \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(9)$$

e) 閉合折測に於ける各角を A, B, C, …… とし、

修正角を $A', B', C', \dots\dots\dots$ とせば

$$\left. \begin{aligned} A' &= A + e_1 \\ B' &= B + e_2 \\ C' &= C + e_3 \\ &\dots\dots\dots \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(10)$$

(5), (6), (7), (8), 式を比較したグラフは第5圖である。



第5圖 各誤差曲線式による誤差圖

上記修正角の總和は $(n-2)180^\circ$ となり閉合折測に於て生じた角測誤差を消去することができる。

f) 各實驗式に於て實驗値により算出した推差の最小なる式は(5)式であるから角測誤差の配賦に際しては本式を使用する。

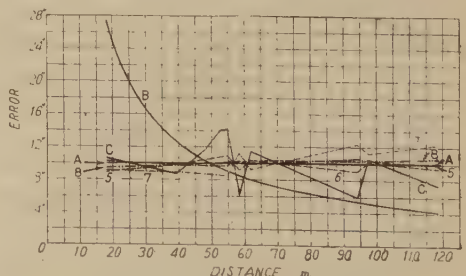
g) 實例により誤差配賦量を各式により算出すれば次の如くなる。

Table 9

| measured values | | | distributed error for several formulas | | | | | | |
|-----------------|-----------|--------------------|---|------|------|------|------|------|-------|
| point | distances | internal angles | (A) | (B) | (C) | (5) | (6) | (7) | (8) |
| | m | | " | " | " | " | " | " | " |
| 1 | 94.252 | 83°27'20 | 10 | 5.3 | 5.8 | 10.3 | 9.0 | 12.3 | 10.6 |
| 2 | 47.805 | 166°14'40 | 10 | 10.4 | 11.5 | 10.0 | 10.4 | 8.7 | 9.7 |
| 3 | 54.950 | 202°51'40 | 10 | 9.1 | 14.1 | 10.2 | 10.9 | 8.6 | 9.7 |
| 4 | 58.402 | 87°52'00 | 10 | 8.5 | 6.1 | 10.2 | 9.1 | 11.2 | 10.3 |
| 5 | 97.598 | 151°00'00 | 10 | 5.1 | 10.5 | 10.3 | 10.1 | 11.1 | 210.3 |
| 6 | 39.402 | 125°48'20 | 10 | 12.6 | 8.7 | 9.8 | 9.8 | 8.9 | 9.8 |
| 7 | 18.149 | 153°11'20 | 10 | 27.4 | 10.6 | 8.9 | 10.2 | 9.1 | 9.4 |
| 8 | 62.001 | 163°32'00 | 10 | 8.0 | 11.4 | 10.3 | 10.3 | 9.2 | 9.7 |
| 9 | 52.699 | 201°34'20 | 10 | 9.5 | 14.0 | 10.1 | 10.8 | 8.5 | 9.7 |
| 10 | 118.601 | 104°30'00 | 10 | 4.1 | 7.3 | 9.9 | 9.4 | 12.3 | 10.6 |
| total | 643.859 | 1440°01'40 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |

$E = 100''$

上表をグラフにて示せば第6圖の如くである。



第6圖 各方式による誤差配賦圖

静釣合試験の一方法

(1951 年 7 月 30 日受理)

景 山 克 三¹⁾

A Method of Static Balancing a Rotating Body

By Katsumi KAGEYAMA.

In this paper is described a method of determining the direction and magnitude of unbalance by measuring the period of rolling oscillation of the rotating body which is put on a rail and on which a suitable weight is fixed. According to the results of this experiment this method was found to have as high a degree of accuracy as that of other static balance testing machines.

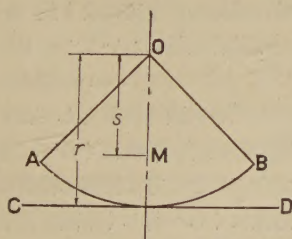
1. 緒 言

静釣合試験の最も簡単な方法は、水平に置かれた 2 本のレールの上に試験體を載せて、轉がしてみる方法であり、今日でも最も廣く一般に行われている。しかしながら、これはレールと軸との轉がり摩擦のため、精度をあまり高くすることはできない。

そこで何等特別の裝置を用いることなく精度を高め得る試験方法を考え、これを実験した。

2. 理論及び實驗方法

第 1 圖に示す扇形 OAB がレール CD の面上において轉がり振動を行う場合の週期 T は (1) 式に示すような値になる。²⁾



第 1 圖

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{k^2 + (r-s)^2}{gs}} \dots\dots\dots (1)$$

但し k = 振子の回轉半径
 r = 半径
 M = 重心
 s = 頂點 O より重心 M までの距離
 g = 重力の加速度

試験をしようとする回轉體は圓形であるが、重心は中

心 O から幾らか偏つてゐる場合には、第 1 圖に示す場合と全く同様であると考えられる。

一般に試験をしようとする回轉體では、重心の偏心距離 s は軸の半径 r よりもはるかに小さいから (1) 式は次のようになる。

$$T \approx 2\pi \sqrt{\frac{k^2 + r^2}{gs}} \dots\dots\dots (2)$$

すなわち轉がり振動の週期 T は重心の偏心距離 s の $-1/2$ 乗に比例する。

試験に際しては、先づ試験體の周圍を適當に 8~12 位に等分し、各分點に番號をつける。これを水平なレールに載せ、第 1 分點に適當な重錘を取付けてこれが下に來るようにし、次にこれを約 45° 位轉がして置いて放し、この際の轉がり振動の週期を測定する。同様のことを第 2, 第 3, $\dots\dots\dots$ の各分點に對して順次繰返す。

この結果を横軸に分點の番號、縦軸に週期をとつて示すと週期は正絃的に變化することがわかる。何故ならば、試験體の重心の偏心方向が取付けた重錘の方向と一致した時、全體の重心の偏心距離 s は最大となり、從つて週期は最小となる。又試験體の重心の方向と反對の方向に重錘が取付けられた場合、全體の重心偏心距離は最小となり、從つて週期は最大となるからである。すなわち週期を測定することによりその最小の値のあらわれる位置から重心の偏心方向がわかる (第 2 圖)。

次に重心の偏心距離、すなわち不釣合の大きさを測定する。

重心の方向の分點に取付ける重錘の重量をいろいろに

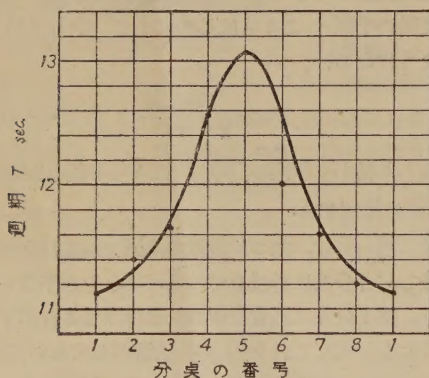
1) 機械工學科助教授
2) 太田友彌 振動工學

變えて週期測定を行う。同様のことを重心の反対側の分点についても行う。この結果を圖示するに當り、横軸には重錘の重量、縦軸には週期の2乗の逆数をとる。但し重心の反対側について行つた實驗結果に對して重錘の重量を負の値とみなし、週期の2乗の逆数も亦負の値にとる(第3圖)。

このようにして圖上に記された點を連ねると1本の直線となる。この直線が横軸を切る點の値がすなわち釣合をとるために取付けるべき重錘の重量をあらわす。何故ならば、 $1/T^2=0$ と云うことは第(2)式において $s=0$ なることである。従つてその場合の横軸の値は完全に釣合をとつて $s=0$ ならしめるために取付けるべき重錘の重量を示すことになる。

3. 實驗結果

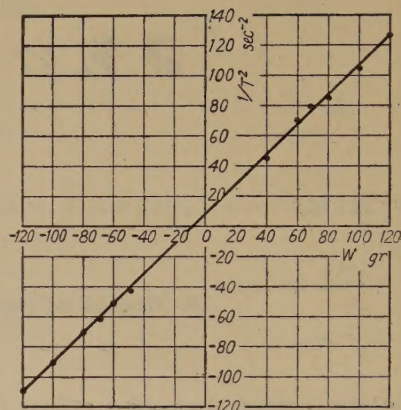
直径 40 mm, 長さ約 1200 mm の軸の中央に直径 310 mm, 厚さ 57 mm の圓板を固定した全重量 43 kg の試験體について實驗した。



第 2 圖

第2圖はこの圓板の外周の各分點に順次 74 gr の重錘を取付けて振動週期を測定した結果を示す。この結果第1分點の場合が週期が最小であり、従つて重心はこの方向に偏心していることがわかる。

次に第3圖には、第1分點及び第5分點に取付ける重錘の重量をいろいろに變えて實驗した結果から不釣合の



第 3 圖

大さを見出す方法を示す。各點を連ねる直線が横軸を切る點の値は -8 gr であるから、第1分點に -8 gr すなわちその反対側の第5分點に 8 gr の重錘を取付ければ釣合がとれることをあらわしている。

4. 結 論

従來の方法のようにレールの上に軸がして静止位置を見るやり方では、圓板の外週に取付ける重錘が 40 gr 以下の場合にはその静止位置がかなり不安定でありこれ以上の精度は望めなかつたが、この方法によつて外周上において 8 gr の不釣合のあることが見出された。

第3圖において、點を連ねる直線を引く場合、横軸上の値は直線の引き方により約 $\pm 1 \text{ gr}$ の誤差がある。従つて不釣合の量において $\pm 155 \text{ gr-mm}$, 重心偏心量において $\pm 3.6/1000 \text{ mm}$ の誤差があることになる。この値は靜釣合試験の誤差としてはかなり小さいものであり一般の靜釣合試験機にくらべて遜色がない。

すなわちこの方法は何等特別の裝置を用いなくて従來の方法にくらべて著しく精度を高めることができ、測定に時間がやや長くかかることをさへ許せば、工場の現場においても充分實用に供し得ると思われる。

昭和26年10月30日印刷

昭和26年10月31日發行

發行者

日本大學工學研究所

東京都千代田區神田駿河台1丁目8番地

電話神田(25) 7141—7149

Published by : The Research Institute of
Technology, Nihon University.

Address : No. 3, 1-Chome, Surugadai,
Kanda, Chiyoda-ku, Tokyo.

印刷所

國際文獻印刷社

東京都中央區日本橋茅場町2丁目10番地

印刷者

笠井康賴

東京都中央區日本橋茅場町2丁目10番地

【非賣品】

